Index

Band 44 / Heft 4 August 1959

COMMONWEALTH INST. OF ENTOMOLOGY LIBRARY
SEP 1959
Eu. 270
SPECIAL SEPARATE

ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

BEGRÜNDET VON K. ESCHERICH

HERAUSGEGEBEN VON

W. ZWÖLFER

Dr. rer. nat., o. ö. Professor für angewandte Zoologie an der Universität München

Mit 48 Abbildungen

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN

HAMBURG 1 · SPITALERSTRASSE 12

Inhalt

ORIGINALAUFSÄTZE

Beiträge zur Biologie von *Sitona lineatus* L. Von H. Hans 343

Versuche zur inneren Therapie bei Beta-Rüben durch Saatgutbehandlung mit systemischen Präparaten. Von W. Steudel, A. Heiling und E. Hanf 387

Die Wirkung der Klärschlammrotte auf die Bodenmilben. Von G. Höller .. 405

Über die Besiedlung des Bodens mit Collembolen bei Düngung mit verschieden behandeltem Klärschlamm. Von G. Höller-Land 425

VERSCHIEDENES

Autorenregister zu Band 44 445

Sachregister zu Band 44 449

Schriftleitung: Alle Einsendungen sind mit dem ausdrücklichen Vermerk „Für Zeitschrift für angewandte Entomologie" ausschließlich an Prof. Dr. W. Zwölfer, München 13, Amalienstr. 52, Gartengeb., zu richten.

Manuskripte: Die Zeitschrift veröffentlicht Originalabhandlungen, kleine Mitteilungen und Buchbesprechungen. Die Beiträge sind so kurz und präzise wie möglich zu halten. Tabellen und Abbildungen wird gebeten, auf das Notwendigste zu beschränken. Jeder Abhandlung ist am Schluß eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse in deutscher und, wenn möglich, englischer Sprache anzufügen. Die Titel zitierter Zeitschriften sind nach den internationalen Regeln zu kürzen. Für Manuskripte, die einen Umfang von 50 Seiten übersteigen, bittet der Herausgeber, vor Absendung mit ihm Fühlung aufzunehmen.
Es wird gebeten, die Manuskripte möglichst mit Schreibmaschine und nur einseitig zu schreiben und Sperrungen möglichst zu vermeiden. Photographische Abbildungsvorlagen müssen so beschaffen sein, daß sie eine kontrastreiche Wiedergabe ermöglichen. Alle dem Manuskript beiliegenden Unterlagen wie Photographien, Zeichnungen, Tabellen sollen auf der Rückseite mit dem Namen des Verfassers und dem Titel des Beitrages versehen sein. Bei Abbildungen, die bereits erfolgten Veröffentlichungen entnommen werden sollen, ist eine genaue Quellenangabe erforderlich.
Mit der Übergabe des Manuskriptes überträgt der Verfasser dem Verlag Paul Parey das Recht, die Herstellung von photomechanischen Vervielfältigungen in gewerblichen Unternehmen zum innerbetrieblichen Gebrauch nach Maßgabe des zwischen dem Börsenverein des Deutschen Buchhandels und dem Bundesverband der Deutschen Industrie abgeschlossenen Rahmenabkommens vom 14. 6. 1958 zu genehmigen.

Honorierung: Das Mitarbeiterhonorar beträgt DM 40,– je Druckbogen von 16 Seiten. Mehr als drei Druckbogen je Beitrag werden nicht honoriert. Der von Abbildungen und Tabellen eingenommene Raum sowie Doktor-Dissertationen und Buchbesprechungen sind honorarfrei.

Sonderdrucke: Die Verfasser von Originalarbeiten erhalten von ihrem Beitrag nach Druckbeendigung auf Wunsch unberechnet 20 Sonderdrucke, die Verfasser von Doktor-Arbeiten 50 Sonderdrucke. Mehrbedarf kann gegen Berechnung angefertigt werden, jedoch nur, wenn die Bestellung unmittelbar mit der Rücksendung der Fahnenkorrektur, spätestens der 1. Umbruchkorrektur, bei der Schriftleitung aufgegeben worden ist.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der photomechanischen Wiedergabe, sind vorbehalten. Gewerblichen Unternehmen wird jedoch die Anfertigung einer photomechanischen Vervielfältigung von Beiträgen oder Beitragsteilen für den innerbetrieblichen Gebrauch durch Photokopie, Mikrokopie und dergleichen nach Maßgabe des zwischen dem Börsenverein des Deutschen Buchhandels und dem Bundesverband der Deutschen Industrie abgeschlossenen Rahmenabkommens vom 14. 6. 1958 gegen Bezahlung der dort vorgesehenen Gebühr bis zu drei Exemplaren gestattet. Die Vervielfältigungen haben einen Vermerk über die Quelle und den Vervielfältiger zu tragen, und die in dem Rahmenabkommen vorgesehene Gebühr ist an die Inkassostelle für Photokopiergebühren beim Börsenverein des Deutschen Buchhandels e. V., Frankfurt/Main, Gr. Hirschgraben 17/19, zu entrichten. Erfolgt die Entrichtung der Gebühren durch Wertmarken der Inkassostelle, so ist für jedes Photokopierblatt eine Marke im Betrag von DM 0,30 zu verwenden.

Erscheinungsweise und Bezugspreis: Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge im Umfang von ungefähr 7 Druckbogen je Heft. Jährlich erscheinen etwa 6 bis 8 Hefte, von denen 4 jeweils einen Band bilden. Das Abonnement verpflichtet zur Abnahme eines ganzen Bandes und verlängert sich jeweils stillschweigend, wenn nicht unmittelbar nach Erhalt des letzten Heftes eines Bandes Abbestellung erfolgt. Die Hefte werden einzeln berechnet. Der Preis beträgt je Druckbogen etwa DM 4,–. Der Preis der Hefte außerhalb des Abonnements ist jeweils um 10 % teurer.
Die Zeitschrift kann bei jeder Buchhandlung oder beim Verlag Paul Parey, Hamburg 1, Spitalerstr. 12, bestellt werden.

© Paul Parey, Hamburg u. Berlin 1959 · Printed in Germany by Westholst. Verlagsdr. Boyens & Co., Heide/Holstein

Z. ang. Ent. Bd. 44 (1959) H. 4 S. 343–458

Abonnementspreis dieses Heftes DM 29,60 Einzelpreis DM 32,55

Aus dem Institut für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz
der Georg-August-Universität Göttingen
Direktor: Prof. Dr. W. H. Fuchs

Beiträge zur Biologie von *Sitona lineatus* L.*

Von Heidewig Hans[1]

A. Einleitung

Der linierte Blattrandkäfer, *Sitona lineatus* L., ist zwar über ganz Europa verbreitet, tritt aber nur in den Gebieten des feldmäßigen Erbsen- oder Ackerbohnenbaues als Schädling auf. In einzelnen Jahren kann der Frühjahrsbefall zu schweren Schädigungen an jungen Pflanzen führen, und es war seither von Interesse, einen Einblick in den Komplex des Massenwechsels dieses Schädlings zu bekommen.

In der älteren Literatur finden sich mehrere Arbeiten über *Sitona lineatus*, von welchen nur die ausführlicheren von Jackson (19, 20) und Grossheim (14, 15) genannt seien. Eingehend befaßte sich später Andersen (1–8) mit der Morphologie, der Lebensgeschichte, der Verbreitung und dem Massenwechsel dieses Schädlings. Es erschien sinnvoll, einige seiner Angaben nachzuprüfen und zu ergänzen.

Neben der Beobachtung des Massenwechsels in den Jahren 1953–1955 versuchten wir besonders das Verhalten der Tiere im Freiland näher zu analysieren.

Demzufolge gliedert sich die Arbeit in zwei Hauptabschnitte:

I. Verhaltensbiologische Beobachtungen an *Sitona lineatus* L.
II. Beobachtungen über den Lebensablauf und Massenwechsel von *Sitona lineatus* L.

B. Allgemeine Methodik

Grundsätzlich wurde mit natürlichen Populationen von *Sitona lineatus* gearbeitet:

Die Freilanduntersuchungen führten wir in Zuchtgärten des Klostergutes Weende und auf dem Versuchsfeld des Instituts für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität Göttingen durch. Die Untersuchungsflächen in Weende waren während der Beobachtungen mit Erbsen, Ackerbohnen und Wicken bestanden. Rotklee und Luzerneschläge fanden sich in der näheren Umgebung[2].

Um das Verhalten des Blattrandkäfers auf verschiedenen Leguminosenarten unter möglichst gleichen Bedingungen untersuchen zu können, wurden auf dem Versuchsfeld des Institutes Erbsen, Ackerbohnen, Saatwicken, Rotklee und Luzerne in 5facher Wiederholung im lateinischen Quadrat (Parzellengröße 2,5×2,5 m) in den Jahren 1954 und 1955 auf der gleichen Fläche angebaut.

* Auszug aus der gleichnamigen Dissertation, Göttingen, 1956.

[1] z. Z. Univ. of Manitoba, Dept. Entomol. Winnipeg, Canada.

[2] Auch an dieser Stelle möchte ich Herrn Lohmann, Klostergut Weende, und dem dortigen Saatzuchtleiter, Herrn Dr. Hillmann, für die freudliche Überlassung der Versuchsflächen und das stete Interesse an meiner Arbeit herzlich danken.

Für Laboratoriumsuntersuchungen wurden die nötigen Käfer im Frühjahr und Sommer im Freiland gesammelt, um möglichst die den natürlichen Verhältnissen entsprechende Reaktionsweise prüfen zu können.

Für Laboratoriumsuntersuchungen im Winter erwies sich die Haltung der Versuchstiere in großen Drahtkäfigen in der Vegetationshalle am zweckmäßigsten. Die Fütterung erfolgte alle 3–5 Tage, je nach Witterung, mit abgeschnittenem Leguminosenlaub. Bei der verhältnismäßig hohen Besiedlungsdichte in den Käfigen mußten wir besonders darauf achten, daß die Tiere nicht mit Wasser in Berührung kamen, da sie sonst in kurzer Zeit verpilzten.

Die zur Prüfung der einzelnen Verhaltensweisen verwendeten Methoden sind der besseren Übersichtlichkeit halber der Besprechung der Ergebnisse jeweils vorangestellt.

Die statistischen Auswertungen der Untersuchungsbefunde wurden mit Herrn Dr. W. Hetz durchgeführt[3].

C. Versuchsergebnisse

I. Verhaltensbiologische Beobachtungen

1. Die Abhängigkeit der Aktivität von den Witterungsfaktoren

Nach den bisherigen Angaben (2) liegt das Temperaturoptimum von *Sitona lineatus* bei 25° C. Die Art wird als lichtflüchtig angesehen, frißt jedoch, wie auch unsere Beobachtungen bestätigen, im Mai bei Sonnenschein auf Pflanzen, während die Käfer im Juni/Juli nur noch nachts ihre Schlupfwinkel verlassen. Es erschien daher sinnvoll, festzustellen, ob im Laufe des Frühjahrs eine Umstimmung des Verhaltens gegenüber Licht- und Temperaturunterschieden eintritt.

Wir zählten im Juni 1954 die auf Pflanzen (Erbsen, Ackerbohnen und Wicken) auf jeweils 20 m einer Pflanzreihe fressenden Tiere zu verschiedenen Tageszeiten. Wir gingen dabei von der Annahme aus, daß *Sitona lineatus* bei zusagenden Bedingungen auf der Pflanze frißt, sich bei nichtzusagenden aber auf dem Boden oder zwischen den Blättern der Pflanzen versteckt hält. Die meteorologischen Daten (Lufttemperatur und Lichtintensität) wurden an Ort und Stelle zu den angegebenen Tageszeiten ermittelt.

Der besseren Übersichtlichkeit halber sind in Abb. 1 nur die auf Erbsen und Wicken gefundenen Daten angegeben, da die Abhängigkeit der Tiere von der Witterung auf Wicken am deutlichsten, auf Erbsen am wenigsten ausgeprägt war.

Es fällt bereits auf, daß besonders auf Wicken hoher Käferbesatz mit niedrigen Temperaturwerten (um 12° C) und schwachen Lichtintensitäten zusammenfällt.

Um geeignete Näherungswerte zu erhalten, wurden die gleichen Intensitäten der einzelnen meteorologischen Faktoren zugeordneten Zählwerte in Mittelwerten zusammengefaßt und mit der Intensität der meteorologischen Faktoren in Vergleich gesetzt.

a. Die Temperaturabhängigkeit

α. Freilandbeobachtungen

Faßt man für jede Pflanzenart getrennt die Käferzahlen nach Temperaturstufen zusammen (Abb. 2), so zeigt sich, daß die höchsten Käferzahlen mit Temperaturen von 12–15° C zusammenfallen. Auf Wicke ist dies besonders ausgeprägt, bei Erbse und Ackerbohne weniger deutlich.

[3] Herrn Prof. Dr. Münzner, Direktor des Instituts für Wirtschaftsmathematik und Statistik der Universität Göttingen, danke ich auch an dieser Stelle für die Erlaubnis, daß Herr Dipl. Math. W. Hetz mich bei der statistischen Bearbeitung unterstützen durfte. Diesem gebührt ein besonderer Dank für die freundliche Hilfe bei den Berechnungen.

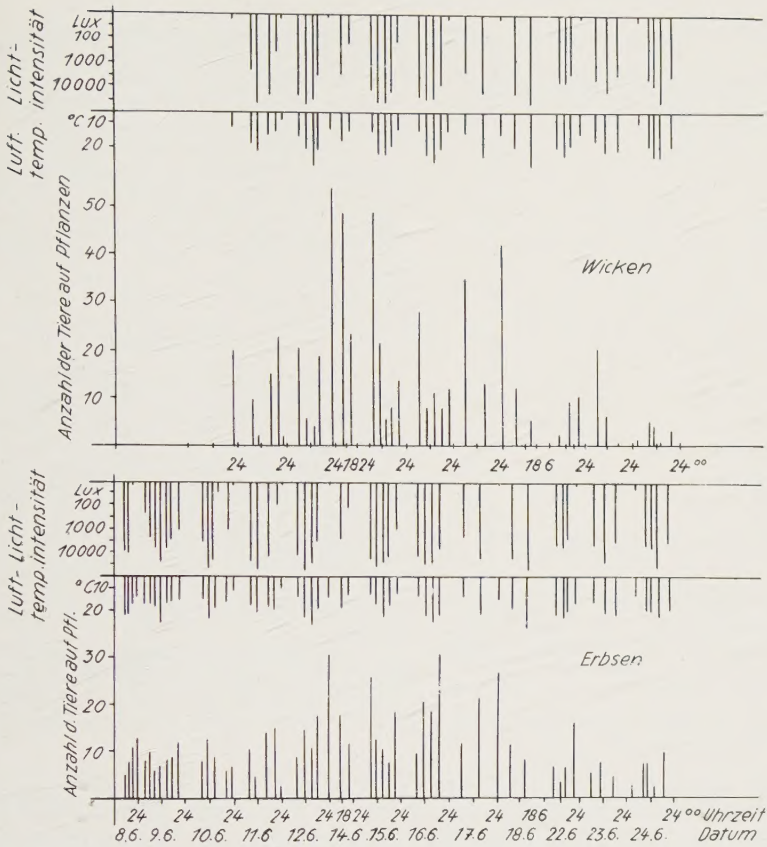

Abb. 1. Anzahl der Tiere auf Erbsen und Wicken zu verschiedenen Tageszeiten in Abhängigkeit von Temperatur und Lichtintensität

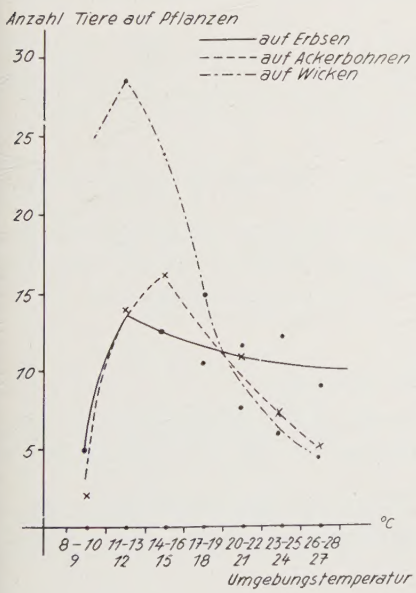

Abb. 2. Temperaturabhängigkeit von *Sitona lineatus* im Freiland auf verschiedenen Wirtspflanzen, Juni 1954

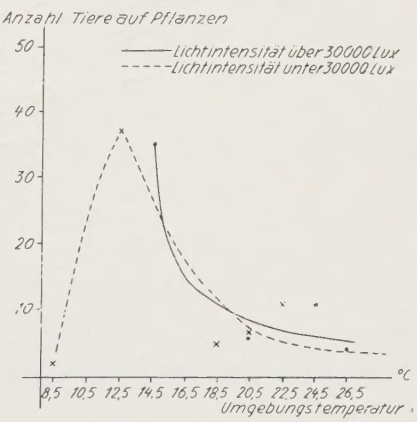

Abb. 3. Temperaturabhängigkeit von *Sitona lineatus* im Freiland bei vergleichbaren Lichtbedingungen, Juni 1954

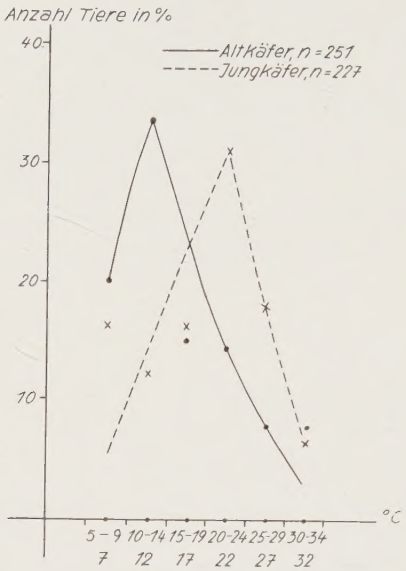

Abb. 4. Verteilung von *Sitona lineatus*-Alt- und Jungkäfern auf der Temperaturorgel (Altkäfer = Juni 1954, Jungkäfer = August 1954)

Eine weitere Aufgliederung dieser Werte nach Feuchtigkeitsstufen war nicht möglich, da im allgemeinen niedrige Temperaturen meist mit hoher, hohe Temperaturen mit niedriger Luftfeuchtigkeit zusammenfielen.

Bei Aufgliederung der Käferzahlen der einzelnen Temperaturen in solche bei Lichtintensitäten über und solche bei Lichtintensitäten unter 30 000 Lux, erwies sich der Temperatureinfluß unabhängig vom Licht (Abb. 3.).

β. *Laboratoriumsversuche*

Methode

Die Vorzugs- und obere Schrecktemperatur bestimmten wir mit der Herterschen Temperaturorgel (18, 25). Da sich die Tiere ausgesprochen negativ geotaktisch verhielten, an den Glaswänden des aufgesetzten Kastens hochliefen und sich so dem Temperaturgefälle entzogen, verwendeten wir statt des Kastens eine einfache Glasscheibe als Aufsatz, unter die wir schmale Holzfaserstreifen klebten. Die Tiere konnten gut darunter laufen, sich aber nicht mehr von der geheizten Platte entfernen.

Wir stellten ein Temperaturgefälle von 5–35° C her und setzten die Käfer bei rund 20° C auf. Nach 10–15 Minuten erfolgte die Kontrolle. Die Untersuchungen wurden sowohl mit überwinterten Altkäfern als auch mit Jungkäfern durchgeführt.

Altkäfer zeigen einen deutlichen Vorzugsbereich bei 12° C (Abb. 4). Dies entspricht den Beobachtungen im Freiland. Die obere Schrecktemperatur liegt bei etwa 25° C. Bei Jungkäfern dagegen liegt der Vorzugsbereich um 22° C, die obere Schrecktemperatur bei etwa 32–35° C. Diese Unterschiede der Temperaturabhängigkeit sind mit 1 % Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant.

Um festzustellen, ob diese Unterschiede durch die Vorgeschichte der Käfer und ihren Ernährungszustand beeinflußt sind, wurden gesättigte und hungernde, hell und dunkel und trocken und feucht adaptierte, und bei 4° C und 28° C gehaltene Jung- und Altkäfer untersucht. In allen Fällen wurden die gleichen Vorzugstemperaturen für Jung- und Altkäfer gefunden (Abb. 4).

Im Frühjahr 1955 sammelten wir in drei verschiedenen Zeitabständen Tiere aus dem Winterquartier bzw. von den Erbsen und bestimmten ihre Vorzugstemperatur. Die Umstimmung in der Temperaturabhängigkeit der Tiere fand erst statt, nachdem die Brutpflanzen befallen waren, bzw. die Eiablage eingesetzt hatte. Tiere aus dem Winterquartier hatten ihr Optimum noch bei 22° C (Abb. 5).

b. Die Abhängigkeit vom Licht

Unter vergleichbaren Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen läßt sich im Freiland keine Abhängigkeit der Fraßtätigkeit von der Lichtintensität feststellen.

Im Laboratoriumsversuch wurde das Verhalten von *Sitona lineatus* gegenüber Licht in verschiedenen Versuchsanordnungen geprüft: bei wechseln-

der Horizontalbeleuchtung, im ausgeprägten Hell-Dunkelfeld und in der Bauersschen Lichtorgel.

α. *Verhalten bei Horizontalbeleuchtung*

Methode

Die Käfer wurden in die Mitte eines rechteckigen Brettes gesetzt, auf dem sich an allen 4 Ecken eine 60-Watt-Birne befand. Durch Ein- und Ausschalten der einzelnen Birnen veränderten wir die Richtung des einfallenden Lichtes (33, 25).

Die Reaktion des Käfers wurde mit „+" bezeichnet, wenn er sich zum Lichte hinwandte, „—", wenn er sich vom Lichte abwandte bzw. mit „±", wenn er sich indifferent verhielt oder wenn innerhalb eines Versuches die Reaktion wechselte. Es wurde jeweils erst gewertet, wenn die Tiere 10mal auf Umschalten der Lichtquelle reagiert hatten. Dieselben Tiere reagierten in verschiedenen Versuchen und an aufeinanderfolgenden Tagen teilweise entgegengesetzt. Wir vermuteten, daß der physiologische Zustand oder die Umweltbedingungen, aus denen die Tiere kamen, hierbei eine Rolle spielten und prüften deshalb Versuchstiere mit unterschiedlichen Voraussetzungen.

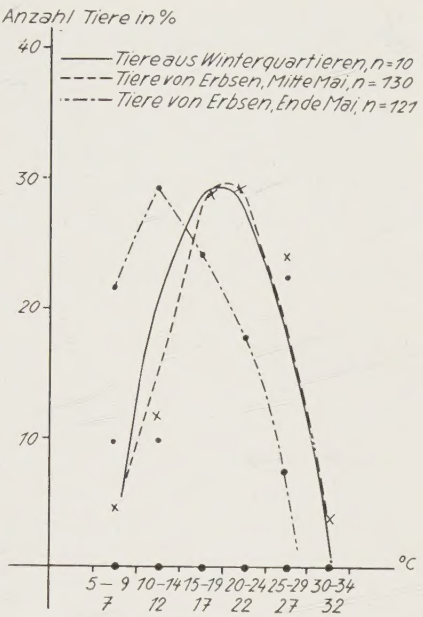

Abb. 5. Verschiebung des Temperaturvorzugsbereiches im Freiland nach Beginn der Eiablage

Tabelle 1

Reaktion verschieden vorbehandelter Jung- und Altkäfer bei Horizontalbeleuchtung

Versuchsobjekte	+ reagierende Tiere	— reagierende Tiere	± reagierende Tiere	n
1. Frisch geschlüpfte Jungkäfer ohne Nahrung	14	32	18	64
2. Jungkäfer aus dem Freiland	177	41	—	218
3. Jungkäfer, 24 Std. gehungert, dunkel, 20° C	13	20	17	50
4. Jungkäfer, gefüttert 24 Std., dunkel, 20° C	11	24	16	51
5. Jungkäfer aus dem Freiland von Flugplätzen	43	4	3	50
6. Altkäfer aus dem Winterquartier	54	15	6	75
7. Eierlegende Altkäfer	34	12	5	51
8. Altkäfer, 3 Tage bei 7° C dunkel	29	26	—	55
9. Altkäfer, 24 Std. bei 32° C dunkel	24	24	2	50

Im allgemeinen reagierten die Tiere, gleich ob Jung- oder Altkäfer, positiv[4]. Frisch geschlüpfte Jungkäfer und längere Zeit im Dunkeln adaptierte Tiere dagegen zeigten größtenteils negative Phototaxis. Eine Erklärung für das Verhalten dieser Tiere konnte bisher nicht gefunden werden. Die Temperatur, aus der die Tiere kamen, beeinflußte die Reaktion nicht. Männchen und Weibchen verhielten sich in allen Fällen gleich. Positiv phototaktische Tiere bewegten sich nie direkt im Lichtstrahl, sondern immer auf der Licht-Schattengrenze zum Licht hin.

β. *Versuche im Hell-Dunkelfeld*

Methode

Eine Petrischale kleideten wir zur Hälfte mit schwarzem Papier aus, so daß nur durch eine obere Schalenhälfte Licht eindringen konnte. Die Schale wurde a. in einem dunklen Raum 30 cm unter eine 60-Watt-Birne, und b. im diffusen Tageslicht aufgestellt. Die Lichtintensitäten betrugen in beiden Fällen 800–1000 Lux. Wir setzten die Tiere jeweils in Gruppen zu 10 in die Schale und kontrollierten nach 10 Minuten.

Nur bei direkter Oberbeleuchtung hielten sich die meisten Tiere im Hellen auf; in allen Fällen fanden dann Flugversuche statt. Dieses Verhalten konnte aber durch die Wärmewirkung der 60-Watt-Birne ausgelöst worden sein. Bei indirekter diffuser Beleuchtung reagierten die Tiere nicht auf Hell und Dunkel, Flugversuche wurden nicht unternommen.

δ. *Verhalten in der Bauersschen Lichtorgel*

Methode

In der Bauersschen Lichtorgel (10) stand den Tieren ein Lichtgefälle von 0–7800 Lux mit gleitenden Übergängen zur Auswahl. Sie wurden jeweils in Gruppen zu 50 am dunklen Ende eingesetzt und nach 1/2 Stunde ausgezählt.

Alt- und Jungkäfer und gefütterte und hungernde Tiere reagierten gleich; wir geben nur die Mittelwerte für gefütterte Altkäfer bei verschiedenen Temperaturen wieder.

Da das Lichtgefälle in der Orgel nicht gleichmäßig abnahm, waren die 4 gewählten Lichtintensitätsbereiche verschieden lang. Dies kam besonders bei Lichtintensitäten zwischen 6100 und 2300 Lux zur Geltung. Um eine bessere Übersicht über die Verteilung der Tiere zu bekommen, wurden daher die mittleren Käferzahlen für je 6,5 cm jedes Meßbereiches errechnet.

Tabelle 2

Verteilung von *Sitona lineatus* in der Bauersschen Lichtorgel bei verschiedenen Umgebungstemperaturen

°C Umgebungstemperatur	Mittlere Anzahl Tiere in 6,5 cm jedes Meßbereiches 7800–6300 Lux I	6300–2300 Lux II	2300–360 Lux III	360–40 Lux IV	n	Flüge
10[1]	2,8	1,3	4,8	9,2	392	—
10[2]	6,4	1,8	2,8	7,0	368	—
20	7,7	1,3	2,2	4,2	632	FV[3]
30	7,4	1,9	1,6	5,1	476	+

[1] Die Tiere wurden im dunklen Teil der Orgel bei 10° C eingesetzt.

[2] Die Tiere wurden im dunklen Teil der Orgel bei 20 oder 30° C eingesetzt und erst dann auf 10° C heruntergekühlt. Die Beleuchtung wurde erst eingeschaltet, nachdem eine Temperatur von 10° C erreicht war.

[3] FV = Flugversuche.

[4] Das Verhalten der Tiere in den Gruppen 2, 5, 6 und 7 ist mit 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit als positiv phototaktisch anzunehmen.

Faßt man die Gruppen I + II und III + IV zusammen und vergleicht sie miteinander, so findet man bei 20 und 30° C Umgebungstemperatur ungefähr gleich viel Tiere im hellen und dunklen Teil der Orgel. Setzten wir sie bei 10° C ein, so blieben die meisten Tiere im Dunklen. Diese Verteilung konnte darauf beruhen, daß die Aktivität bei 10° C zu gering war und die Tiere mehr oder weniger dort blieben, wo sie eingesetzt worden waren. In anderen Versuchen brachten wir sie bei 20 oder 30° C ein und kühlten erst dann auf 10° C herunter; in diesem Falle trat erwartungsgemäß eine gleichmäßige Verteilung innerhalb des Lichtgefälles ein. Flugversuche bzw. Flüge beobachteten wir nur bei 20 bzw. 30° C Umgebungstemperatur bei der höchsten Lichtintensität. Die Tiere waren in diesem Bereich übererregt.

Die Werte der Gruppen II und III liegen in allen Fällen unter denen der Gruppen I und IV. Es kann sich hierbei um Ansammlung der Tiere an den Enden der Orgel bei I und IV handeln und darf nicht als Effekt der verschiedenen Lichtintensitäten gedeutet werden. Bei 20 und 30° C Umgebungstemperatur läßt sich ein Anstieg der mittleren Käferzahlen bei der höchsten Lichtintensität erkennen. Dies ist nicht als Bevorzugung hoher Lichtintensitäten bei höherer Umgebungstemperatur zu werten, sondern deutet eher darauf hin, daß die Tiere sich durch die kinetische Wirkung der hohen Lichtintensität bei entsprechender Umgebungstemperatur in diesem Endbereich der Orgel besonders ansammelten. Für ein gerichtetes Aufsuchen dieser Helligkeit ist der Prozentsatz der angetroffenen Tiere im Vergleich zur Gesamtzahl zu gering. Eine eindeutige Erklärung der unterschiedlichen Verteilung der Tiere in den einzelnen Helligkeitsstufen wurde nicht gefunden. Auf jeden Fall stehen die Ergebnisse dieses Versuches nicht im Widerspruch zu anderen Beobachtungen über den Lichtsinn.

Zusammenfassend können wir sagen, daß eine richtende Wirkung des Lichtes nur bei Horizontalbeleuchtung festgestellt werden konnte. Ein Praeferendum fanden wir auch in den Laboratoriumsuntersuchungen weder bei Jung- noch Altkäfern. Auffällig war dagegen die kinetische und flugauslösende Wirkung hoher Lichtintensitäten bei entsprechender Umgebungstemperatur.

c. Die Abhängigkeit von der Feuchtigkeit

α. *Freilandbeobachtungen*

Um Feuchtigkeitseffekte auszuschalten, können nur die Beobachtungen bei Temperaturen über 19° C ausgewertet werden. Unter diesen befanden sich jedoch keine Werte, die sehr hohen Luftfeuchtigkeiten entsprachen. Mit dieser Einschränkung läßt sich im Freiland nur ein ganz schwacher Anstieg bei hoher Luftfeuchtigkeit erkennen.

β. *Laboratoriumsversuche*

Methode

Die Untersuchungen wurden in einer Feuchtigkeitsorgel nach Angaben von Dr. Götz, Freiburg, durchgeführt[5]. Um ein Feuchtigkeitsgefälle zu erhalten, beschickten wir die Fächer der Orgel mit bestimmten Salzen (50) und erhielten so folgende Feuchtigkeitsstufen: 0 %, 18 %, 55 %, 75 %, 100 %.

[5] Auch an dieser Stelle danke ich Herrn Dr. Götz, Freiburg, verbindlichst dafür, daß er uns die unveröffentlichten Unterlagen für den Bau dieser Feuchtigkeitsorgel zur Verfügung gestellt hat.

Die Versuche wurden in der Dunkelkammer bei 20 und 32° C durchgeführt. Zu jedem Versuch verwendeten wir 50–100 Käfer. Die Kontrollen führten wir frühestens nach 5 Stunden durch, in einigen Fällen liefen die Versuche über mehrere Tage.

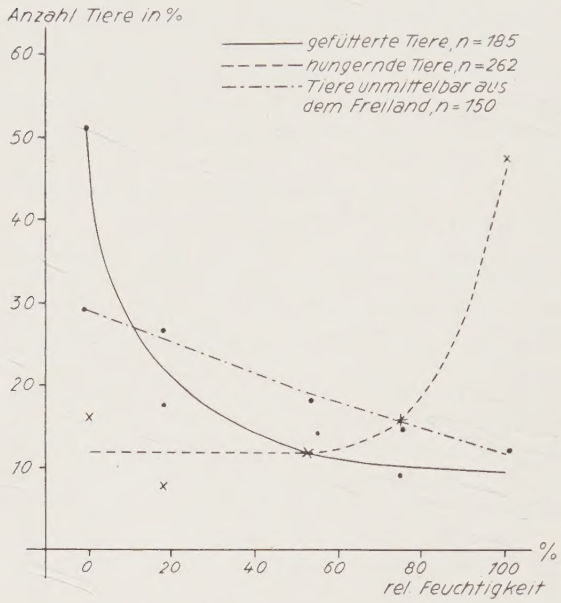

Abb. 6. Verteilung von *Sitona lineatus* in der Feuchtigkeitsorgel, abhängig vom Fütterungszustand

Gegenüber Feuchtigkeitsunterschieden verhielten sich Jung- und Altkäfer bei beiden Versuchstemperaturen gleich. In Abb. 6 sind nur die an Altkäfern bei 20° C Umgebungstemperatur gewonnenen Ergebnisse dargestellt.

Gefütterte Tiere suchten die Trockenheit auf, seit mindestens 3 Tagen hungernde bevorzugten dagegen die Feuchtigkeit.

Gefütterte Tiere, die mehrere Tage in der Feuchtigkeitsorgel blieben, hielten sich zunächst im trockenen Bereich auf, um nach 2 Tagen ins Feuchte zu laufen. Wurden Tiere unmittelbar aus dem Freiland unterschiedlichen Feuchtigkeiten ausgesetzt, so überwog in etwa die Neigung zum Aufsuchen trockener Umweltbedingungen. Tiere, die im Laboratorium vorher längere Zeit über H_2O oder P_2O_5 gesetzt worden waren, reagierten in der Feuchtigkeitsorgel entgegengesetzt zu den Bedingungen, aus denen sie kamen; Käfer, die trocken gehalten worden waren, liefen ins Feuchte und umgekehrt.

2. Das Flugverhalten

Nach den wenigen Angaben über die Flugstimmung von *Sitona lineatus* (2, 27, 28) sind die Tiere im Freien im Frühjahr und Herbst fluglustig, im allgemeinen aber sehr träge. Im Laboratorium wurden bei hohen Temperaturen Abflüge beobachtet. Das Flugverhalten wurde jedoch nicht eingehend untersucht.

Wir beobachteten die flugauslösenden Bedingungen im Freiland und versuchten, sie im Laboratorium zu reproduzieren bzw. zu ergänzen.

a. Freilandbeobachtungen

Die meteorologischen Faktoren für die Flugauslösung ermittelten wir im Freiland im August 1954, als wir in Weende nach der Erbsenernte auf Pfählen die Tiere bei günstigen Witterungsbedingungen direkt beim Abflug beobachten konnten. In Tabelle 3 geben wir die Daten wieder, bei denen Flüge bzw. Flugversuche stattfanden. Für jede Windgeschwindigkeit wurden nur die Werte mit der geringsten Lichtintensität herausgezogen.

Tabelle 3

Abhängigkeit der Flugtätigkeit im Freiland von verschiedenen Witterungsfaktoren

Windgeschwindigkeit	Temperatur 20—22° C Lichtintensität in Lux	Temperatur 23—25° C Lichtintensität in Lux
1. Flüge		
0,0 m/sec	30 000	30 000
0,1 „	32 000	
0,25 „	32 000	18 000
0,4 „	44 000	
0,5 „	44 000	43 000
1,0 „	36 000	
2. Flugversuche		
0,0 m/sec	20 000	
0,7 „	49 000	43 000
1,0 „		43 000
1,2 „		43 000
1,6 „	40 000	34 000

Nach den an anderen Objekten gesammelten Erfahrungen (9, 41) waren bei der Analyse der Flugbedingungen vor allem Temperatur, Lichtintensität und Windgeschwindigkeit zu berücksichtigen.

Da bei sämtlichen Untersuchungen die Lufttemperatur über 20° C lag, kann auf Grund der vorliegenden Beobachtungen über den Temperatureinfluß vorerst wenig ausgesagt werden.

Um den Einfluß der Lichtintensität zu finden, wurden die bei Windstille gemessenen Daten zusammengefaßt (Abb. 7) auf Grund der Annahme, daß Temperaturen über 20° C und Windstille optimale Flugbedingungen darstellen. Unter diesen Bedingungen flogen die Käfer nur bei Lichtintensitäten über 30 000 Lux.

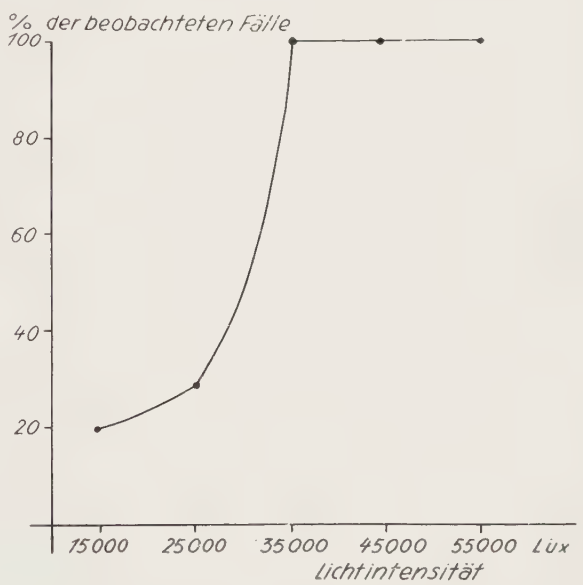

Abb. 7. Abhängigkeit der Flugaktivität von der Lichtintensität

Bei Lichtintensitäten unter 30 000 Lux, wenn die Sonne durch Wolken verdeckt wurde, wurden vereinzelt Flüge und Flugversuche beobachtet. Besonders hohe Lufttemperaturen scheinen ungünstige Lichtintensitäten in etwa ausgleichen zu können.

Zur Prüfung des Windeinflusses wurden alle jene Daten zusammengefaßt, bei welchen günstige Lichtbedingungen (mindestens 30 000 Lux) herrschten (Abb. 8).

Bei Windstärken bis zu 0,1 m/sec flogen alle Käfer. Bei Windstärken zwischen 0,1–0,6 m/sec nahm der Prozentsatz abfliegender Tiere schnell ab, bei höheren Windstärken blieb der Flug gewöhnlich aus.

Hohe Temperaturen können, wie aus den Daten der Tab. 3 hervorgeht, zu Flügen bzw. Flugversuchen bei höherer Windgeschwindigkeit anregen.

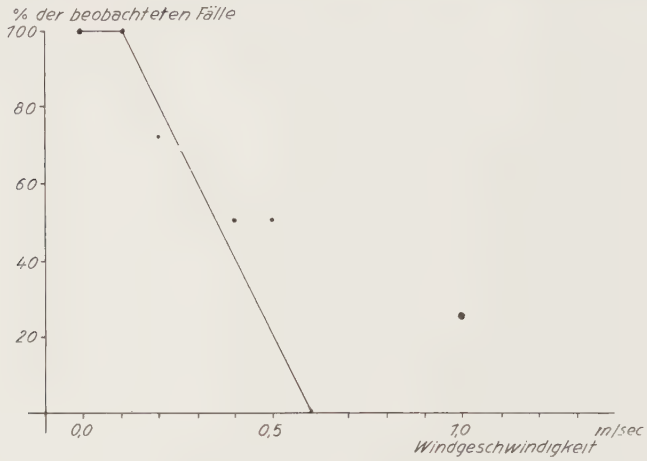

Abb. 8. Abhängigkeit von der Windstärke

Folgende Bedingungen sind also Voraussetzung von „Flügen": 1. Ausreichend hohe Lufttemperatur, 2. eine entsprechend hohe Lichtintensität und 3. Windstille. Sobald diese Bedingungen verwirklicht sind, reagieren die Tiere sehr rasch. So konnten wir beobachten, daß schon kurzfristige Besonnung bei völliger Windstille Flüge auslöst. In bewegter Luft versuchen die Tiere gegen den Wind zu starten.

β. *Untersuchung der Flugbereitschaft im Laboratorium*

Methode

Da die Tiere im Freiland immer erst an einem Halm oder Pfahl etc. hochliefen und erst vom höchsten Punkt abflogen, ließen wir sie in einem Becherglas hochklettern und auf dem Rand des Glases abfliegen. Die Versuche wurden in einem temperaturkonstanten Raum durchgeführt, welcher auf die jeweils gewünschte Temperatur eingestellt wurde. Die Lichtintensität wurde durch verschiedene Glühbirnen (500 bzw. 15 Watt) variiert.

In einem ersten Versuch wurde das Verhalten der Tiere bei einer Lichtintensität von 2900 Lux bei Temperaturen zwischen 25 und 40° C geprüft (Abb. 9). Für jede Temperaturstufe wurde die Reaktion von 150 Tieren untersucht.

Die höchste Flugfrequenz ergab sich bei einer Umgebungstemperatur von 35° C.

Die Beobachtung, daß die Tiere im Freiland bei Einsetzen eines schwachen Luftzuges oder bei Beschattung der Sonne durch Wolken ihre Abflüge einstellten, und daß im Laboratoriumsversuch die höchste Flugfrequenz bei 35° C Umgebungstemperatur lag, einer Lufttemperatur also, die im Freiland in unseren Breitengraden äußerst selten verwirklicht wird, legte die Vermutung nahe, daß die Tiere im Freiland ihren hohen Wärmebedarf für

die Flugauslösung durch die Wärmeeinstrahlung bei Besonnung decken. Dies würde erklären, warum die Tiere so außerordentlich stark auf eine hohe Lichtintensität bei Flügen angewiesen sind.

Die Erhöhung der Temperatur bei Besonnung stellten wir im Freiland mit einer Thermosäule fest. Für die Umrechnung der gemessenen Spannung in ° C wurde eine Eichkurve aufgestellt. Die Körpertemperatur der Tiere konnten wir nicht unmittelbar unter den Flügeldecken messen, da dadurch die Tiere im Abflug gestört worden wären. Wir mußten daher die Temperaturerhöhung in freier Umgebung messen. Da außerdem die Körperfarbe und der Glanz der bestrahlten Objekte wesentlich für die Absorption bzw. Reflexion der Wärmestrahlen ist, die Oberfläche der Tiere und die der wärmeaufnehmenden Fläche der Thermosäule sich aber in ihrer Farbe und Struktur nicht völlig gleichen, scheint es zunächst nicht gerechtfertigt, von den in freier Umgebung mit der Thermosäule gemessenen Temperaturen Schlüsse auf die Körpertemperaturen der Tiere zu ziehen.

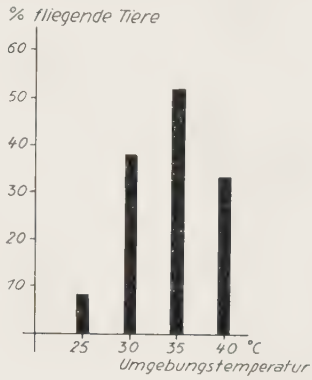

Abb. 9. Abhängigkeit der Flugaktivität von *Sitona lineatus* von der Umgebungstemperatur

Von Krüger und Duspiva (24, 23) wurden an Heuschrecken und Schmetterlingen bei Besonnung und Windstille in 3 Minuten eine Erhöhung der Körpertemperatur von 10–14° C gegenüber der Lufttemperatur beobachtet. Mit diesen Ermittlungen stimmen unsere im Freiland in freier Umgebung gewonnenen Werte gut überein. Bei Sonnenschein und Windstille stellten wir mit der Thermosäule, bis die Tiere abflogen, Temperaturen von 32–35° C bei einer Lufttemperatur von 20–22° C fest. sorption bzw. Reflektion der Wärmestrahlen ist, die Dies entspricht einer Übertemperatur von ca. 10° C. Wir nehmen daher an, daß diese Werte in etwa den wirklichen Verhältnissen von *Sitona lineatus* entsprechen.

Im Laboratorium wählten wir bei den folgenden Versuchen die suboptimale Umgebungstemperatur von 21° C und variierten die Einstrahlungswärme und die Lichtintensität. Bei hohen Lichtintensitäten wurde die Einstrahlungswärme teilweise durch ein Wasserbad abgeschirmt. Der Lichtverlust lag dabei unterhalb des meßbaren Bereiches des Luxmeters[6]. Bei niedriger Lichtintensität wurde die Einstrahlungswärme mit Hilfe einer UR-Lampe erhöht. Die Versuche wurden mit gut ernährten und hungernden Tieren durchgeführt.

Tabelle 4

Abhängigkeit der Flugaktivität von der Lichtintensität und Wärmeeinstrahlung

Lichtintensität in Lux	zusätzliche Wärme ° C Umgebungstemperatur 21° C	Fliegende Tiere in % gehungert	gefüttert
1. 11 000	32—35	52	12
2. 11 000		34	2
3. 112	32—35	36	2
4. 112		4	0

n = 100 für jede Versuchsreihe.

Folgende Unterschiede sind mit 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant:
Einfluß der Lichtintensität (unabhängig von der Wärmegabe) bei hungernden Tieren.
Einfluß der zusätzlichen Erwärmung (mit Ausnahme der gefütterten Tiere bei niedriger Lichtintensität).
Unterschied der Reaktionsfähigkeit in Abhängigkeit vom Futterzustand.

Eine Lichtintensität von 11 000 Lux erhöht bei einer Lufttemperatur von 21° C die Flugbereitschaft bedeutend. Dieser Einfluß wird durch hohe Ein-

[6] Standard Beleuchtungsmesser II mit Platin-Opalfilter (Filterfaktor 10 X) der Fa. Dr. F. Sartorius, Rauschenwasser.

strahlungswärme deutlich gesteigert. Diese ist aber auch bei der niedrigen Lichtintensität von 112 Lux bei 21° C ein sehr wirksamer flugauslösender Faktor.

Bei einer Umgebungstemperatur von 35° C, welche für sich allein schon hohe Flugbereitschaft auslöst, wirkten sich höhere Lichtintensität oder gesteigerte Einstrahlungswärme nicht mehr aus.

Unter keiner der gewählten Laboratoriumsbedingungen konnten *alle* Versuchstiere zu Flugversuchen angeregt werden. Dies legt die Annahme nahe, daß weitere physiologische Bedingungen bei der Flugauslösung eine Rolle spielen. Unterschiede in der Flugbereitschaft der Geschlechter wurden nicht gefunden. Unter den gewählten Bedingungen war die Flugbereitschaft hungernder Tiere wesentlich größer als die wohlgefütterter.

3. Die Orientierung

Die Orientierungsmöglichkeiten interessierten besonders im Hinblick auf die Befallsflüge im Frühjahr und Herbst. In dieser Richtung wurde *Sitona lineatus* bisher nicht bearbeitet. Da für die Auswahl von Wirtspflanzen in erster Linie optische und chemische Reize in Frage kommen, untersuchten wir den Farbensinn und den Geruchssinn näher.

a. Der Farbensinn

α. *Im Freilandversuch*

Methode

Im Freilandversuch stellten wir im Frühjahr 1954 36 bunte Hochschalen in 1 m Höhe jeweils auf den Eckpunkten der Parzellen des lateinischen Quadrates (s. Methodik) auf. Für die Farbanstriche verwendeten wir Gelb, Orange, Rot, Blau, Violett, Grün, Grau, Schwarz und Weiß in möglichst reinen Farben (nach Ostwald 35), die aber nicht alle den gleichen subjektiven Helligkeitswert für *Sitona lineatus* besaßen.

Signifikante Unterschiede zwischen den Fängen der verschiedenen Farbschalen lassen sich nicht ermitteln. Zwar wurden die gelben und grünen Schalen stärker beflogen als die übrigen Farben, hierfür kann jedoch die Helligkeit verantwortlich sein, da auch weiße Schalen in einem ähnlichen Ausmaß beflogen wurden, und gelb und grün neben weiß den größten Helligkeitswert zeigten.

β. *Im Laboratoriumsversuch*

Im Laboratoriumsversuch prüften wir den Farbensinn von *Sitona lineatus* mit Hilfe der optomotorischen Reaktionen.

Methode

Die Versuchsanordnung entsprach der von Moller-Racke (32). Wir verwendeten folgende Papiere:

1. Grauleiter nach Ostwald, 15 Stufen von a–p.
2. Farbpapiere von der BASF, die wir möglichst genau nach Ostwald bestimmten, die aber leider in den wenigsten Fällen gesättigte Farben dastellten.[7] Zu den Versuchen wurden nur jene Farbpapiere herangezogen, deren Helligkeiten untereinander vergleichbar waren.

Als günstigste Gliederung der Farbfelder in der Trommel erwiesen sich 3 × 10 cm breite Streifen.

[7] Auch an dieser Stelle sei den Badischen Anilin- und Sodafabriken verbindlichst für die Überlassung der Grau- und Farbpapiere gedankt.

Zur Festlegung des Verhaltens gegenüber zwei Farben wurden mindestens 10 Reaktionen von je 10 Tieren herangezogen. In Zweifelsfällen wurde diese Zahl erhöht.

Nachdem für alle Farbstufen der subjektive Helligkeitswert bestimmt war, setzten wir in der Trommel jeweils zwei Farben, die in einer Stufe helligkeitsgleich waren, in allen Kombinationen gegeneinander.

Die Reaktionen wurden nach MOLLER-RACKE (32) in 4 Stufen beurteilt. Wenn in keiner Kombination zweier Farben eine O-Reaktion auftrat, konnten wir zunächst einmal annehmen, daß die Tiere die Farben voneinander unterschieden. Ausgewertet wurden nur helligkeitsgleiche Stufen zweier Farbkombinationen.

Bei folgenden Farbpaaren erfolgten in allen Kombinationen Reaktionen: Grün-Gelb; Grün-Orange; Gelb-Orange; Gelb-Violett; Orange-Violett; Orange-Blau; Rot-Violett; Rot-Blau. Die Ergebnisse lassen nicht eindeutig erkennen, ob *Sitona lineatus* Farben sehen kann. Nach den Laboratoriumsuntersuchungen könnte man annehmen, daß eine Unterscheidung folgender Farbbereiche möglich ist:

1. Gelb – Orange – Rot.
2. Violett – Blau – Grün.

Leider fehlten uns zur Prüfung einiger Farbpaare geeignete Farbpapiere, so daß die Reaktion auf Rot-Grün, Gelb-Rot und Gelb-Blau nicht geprüft werden konnten. Auch mußten in den meisten Fällen ungesättigte Farben verwendet werden. Da Insekten im allgemeinen auf ungesättigte Farben schwächer reagieren als auf gesättigte (MOERICKE, 31), haftet unseren Versuchen eine große Ungenauigkeit an. Da schließlich zwischen den Ergebnissen der Laboratoriumsversuche und den Freilandbeobachtungen keine Übereinstimmung besteht, sind wir auf Grund dieser Untersuchungen nicht in der Lage, Abschließendes über das Farbunterscheidungsvermögen von *Sitona lineatus* auszusagen.

b. Der Geruchssinn

Den Geruchssinn von *Sitona lineatus* prüften wir nur im Laboratorium mit drei verschiedenen Methoden.

α. Die Untersuchungen wurden in einer nach Angaben von Dr. GÖTZ, Freiburg, gebauten Geruchstrommel durchgeführt[8].

Tabelle 5

Verteilung von *Sitona lineatus* in der Dufttrommel in Abhängigkeit vom Ernährungszustand und den vorherigen Futterpflanzen

Ernährungszustand der Tiere	Nach Ackerbohnenfutter				Nach Luzernefutter			
	Auf Duftstoff reagierende Tiere %	Auf leere Gläser reagierende Tiere %	Nicht-reagierende Tiere %	n	Auf Duftstoff reagierende Tiere %	Auf leere Gläser reagierende Tiere %	Nicht-reagierende Tiere %	n
gefüttert	15,0	19,0	66,0	250	47,7	2,0	50,3	101
1 Tag gehungert	30,6	11,3	58,1	280	50,1	12,1	37,8	96
2 Tage gehungert	47,4	10,2	42,4	280	72,5	4,0	23,5	93
3 Tage gehungert	53,6	12,4	34,0	430	61,0	3,2	35,8	91
4 Tage gehungert	61,3	16,8	21,9	114	61,2	1,8	37,0	89

[8] Für die Überlassung der bisher unveröffentlichten Unterlagen zum Bau dieser Geruchstrommel sei Herrn Dr. GÖTZ auch an dieser Stelle herzlich gedankt.

Als Duftquelle dienten ausschließlich Blätter. Neben verschiedenen Leguminosen wurden als Kontrolle Blätter anderer Pflanzen mit herangezogen. Die Versuche wurden im Dunklen angesetzt und jeweils nach 1 Stunde ausgewertet.

In orientierenden Vorversuchen wurde die Reaktionsbereitschaft der Tiere nach verschieden langer Hungerzeit geprüft, indem ihnen jeweils Blätter einer Pflanzenart neben unbeschickten Reagenzgläsern (Kontrolle) angeboten wurden.

Bei Erbsen, Ackerbohnen, Wicken, Rotklee, Luzerne oder Phaseolus als Testpflanzen blieb die Anzahl der reagierenden Tiere immer annähernd gleich. In der Tab. 5 ist die Duftquelle daher nicht näher bezeichnet.

Nach Erbsen-, Wicken- oder Ackerbohnenfutter reagierten die Tiere erst nach 3–4 Hungertagen (Tab. 5). Nach Rotklee- oder Luzernefutter dagegen sprachen sie auch im gefütterten Zustand deutlich an. Im übrigen war der Prozentsatz nichtreagierender Tiere nach Fütterung größer als bei Hungertieren. Über die Ursache dieser Reaktionslosigkeit kann nichts ausgesagt werden.

In den folgenden Versuchen verwendeten wir nur noch Tiere, welche drei Tage gehungert hatten.

In weiteren Versuchen, in denen den Käfern alle 6 genannten Leguminosenarten und eine Nichtleguminose neben einer unbeschickten Kontrolle gleichzeitig, oder nur 2 Pflanzenarten nebeneinander angeboten wurden, konnten keine reproduzierbaren Ergebnisse erzielt werden.

Da einige Ergebnisse darauf hin deuteten, daß die Tiere sich in erster Linie nach Feuchtigkeitsunterschieden orientierten, wurden in der Geruchstrommel gleiche Feuchtigkeitsverhältnisse geschaffen, indem in jedes Reagenzglas ein feuchter Wattebausch eingelegt wurde.

Erwartungsgemäß hatte feuchte Watte die größere Anziehungskraft und wurde selbst dann bevorzugt, wenn Ackerbohnenblätter und feuchte Watte nebeneinander angeboten wurden.

Auswahlversuche mit den genannten 6 Leguminosenarten, einer Nichtleguminose und einer unbeschickten Kontrolle blieben aber auch bei gleichmäßig hoher Feuchtigkeit ohne Ergebnis.

β. Als zweites Gerät verwendeten wir ein Y-Olfaktometer nach Götz (37), welches an eine Wasserstrahlpumpe geschlossen wurde.

Auch bei dieser Versuchsanordnung wirkte feuchte Watte stark anlockend. Wurden bei gleichmäßiger Feuchtigkeit Blätter als Duftquelle angeboten, wirkten diese weder anlockend noch abschreckend.

γ. In einer weiteren Versuchsreihe wurden die Tiere möglichst nahe an die Duftquelle herangebracht.

Methode

In Anlehnung an die Methode von Chun-Teh-Chin (13) wurde eine Trommel gebaut, in der die Tiere auf Drahtgaze direkt über die Duftquelle gesetzt werden konnten. Unterhalb des Duftstoffbehälters konnten Wasserbehälter aufgestellt und dadurch die Feuchtigkeit reguliert werden.

Legten wir in die Mitte der Trommel Bohnenblätter, so verteilten sich 3 Tage hungernde Tiere nach 12 Stunden diffus am Boden. Gefütterte Tiere wanderten an die Oberfläche der Trommel. Wurde die Trommel nicht mit Wasser beschickt und Ackerbohnenblätter als Duftquelle verwendet, so sammelten sich hungernde Tiere über den Bohnen an, während gefütterte wie

in den vorherigen Versuchen die Oberfläche der Trommel ohne besondere Verteilung aufsuchten. Auch nach diesen Versuchen konnte keine Geruchsanlockung festgestellt werden. Orientierend wirkte lediglich das Feuchtigkeitsgefälle.

Die nach verschiedenen Methoden durchgeführten Versuche führen zu dem Ergebnis, daß *Sitona lineatus* sich nicht nach dem Geruch orientiert, sondern sich, vor allem im hungernden Zustand, Orten höherer Feuchtigkeit zuwendet. Jungkäfer und geschlechtsreife Altkäfer reagierten gleichsinnig.

4. Die Eignung verschiedener Leguminosen als Fraßpflanzen

Um die Bevorzugung verschiedener Leguminosen als Fraßpflanzen im Freiland zu erkennen, wurden im Frühjahr 1954 und 1955 nach Beendigung des Zufluges auf dem Versuchsfeld des Institutes die auf der Bodenoberfläche vorhandenen Tiere ausgezählt. Je Pflanzenart wurden je Parzelle 2, also insgesamt 10 Probeflächen à 900 cm² ausgewertet. (Diese Untersuchungen konnten nur zu *einem* Zeitpunkt vorgenommen werden, da die Besiedlungsdichte bis zum Auftreten der Jungtiere laufend wieder abnahm. Die statistische Auswertung erfolgte nach dem t-Test.)

Tabelle 6

Verteilung von *Sitona lineatus* auf verschiedenen Leguminosen nach dem Frühjahrsbefall

Pflanzenart	1954 Anzahl/900 cm² Mittelwerte	1955 Anzahl/900 cm² Mittelwerte
Erbsen	20,0	8,1
Ackerbohnen	10,2	4,7
Saatwicken	9,8	5,4
Rotklee	0,0	0,0
Luzerne	0,6	0,6

In beiden Jahren wurden die Erbsenparzellen gegenüber allen anderen Arten offensichtlich bevorzugt. Rotklee und Luzerne wurden deutlich gemieden, nur 1954 fanden sich einige wenige Käfer auf Luzerne. Folgende Unterschiede sind in beiden Jahren mit 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant: „Erbsen" gegenüber allen anderen Arten, „Ackerbohnen und Saatwicken" gegenüber Rotklee und Luzerne".

α. *Laboratoriumsversuche*

Methode

Im Laboratoriumsversuch boten wir den Käfern Erbsen-, Ackerbohnen-, Rotklee-, Wicken-, Luzerne- und Phaseolusblätter zur Auswahl nebeneinander an. Jede Schale wurde mit 15 Tieren besetzt, welche 3 Tage gehungert hatten. Nach 24 Stunden wurde die Fraßstelle auf Millimeterpapier nachgezeichnet, durch Auszählung die Fläche bestimmt und auf die Fraßmenge umgerechnet. Grundlage für die Umrechnung bildete das für jede Pflanzenart ermittelte Gewicht von 25 mm² Blattfläche. Die von den einzelnen Pflanzenarten gefressene Menge wurde zu der insgesamt während des Versuches von allen Tieren aufgenommene Nahrungsmenge in Beziehung gesetzt. Die Versuche wurden in 20 Wiederholungen durchgeführt.

Auch in diesen Versuchen wurden Erbsen deutlich vor allen anderen Arten bevorzugt. Ackerbohnen und Saatwicken wurden etwa gleich stark, aber weniger als Erbsen befressen. Noch geringer war der Anteil von Luzerne und Rotklee, Phaseolus wurde praktisch gemieden.

Gelegentlich beobachteten wir im Freiland Fraß von *Sitona lineatus* an Polygonum aviculare. Fütterungsversuche zeigten aber, daß die Käfer bei ausschließlicher Ernährung auf dieser Pflanze doppelt so schnell abstarben als bei Fütterung mit Leguminosen. Der Unterschied der Absterbegeschwindigkeit ist signifikant.

5. Die Eignung verschiedener Leguminosen als Brutpflanzen

Die schon genannten Leguminosenarten wurden im Freiland und im Laboratorium auf ihre Eignung als Brutpflanzen untersucht.

α. *Freilandbeobachtungen*

Methode

Außer den schon erwähnten Bodenauszählungen im Frühjahr 1954 und 1955 nach Beendigung der Zuwanderung, führten wir im Juli beider Jahre je Pflanzenart 10 Zählungen und Grabungen auf je 900 cm² Fläche aus. Die auf dieser Zählung bis zu 30 cm tief aufgegrabene Erde wure zerkrümelt und ausgesucht. Erfaßt wurden Altlarven, Puppen und Jungkäfer. Auf diese Weise wurden alle zur Entwicklung gekommenen Individuen vor Abwanderung der zuerst schlüpfenden Jungkäfer gefunden.

Tabelle 7

Vermehrung von *Sitona lineatus* im Freiland auf verschiedenen Leguminosenarten in den Jahren 1954 und 1955

	Pflanzenart	Ausgangspopulation im Frühjahr auf 900 cm² Bodenfläche	Anzahl der Jungkäfer, Altlarven u. Puppen im Juli/900 cm² Bodenfl.	Vermehrungsfaktor
1954	Erbsen	20,0	50,9	2,5
	Ackerbohnen	10,2	50,0	4,8
	Saatwicken	9,8	67,1	6,8
	Rotklee	0,0	0,1	0
	Luzerne	0,6	0,1	0
		am 2. 6.		
1955	Erbsen	8,1	140,2	17,4
	Ackerbohnen	4,7	56,8	12,1
	Saatwicken	5,4	82,6	15,2
		am 21. 5.		
	Rotklee	0,9	4,0	4,4
	Luzerne	0,7	5,0	7,1

Im Jahre 1954 sind die Vermehrungsfaktoren auf Erbsen, Ackerbohnen und Wicken signifikant verschieden. Die größte Vermehrung fand auf den Wicken statt. Im Jahre 1955 ist dagegen ein Unterschied der Vermehrungsfaktoren nicht nachzuweisen. Der Schätzwert für den bei allen Pflanzen als gleich anzusehenden Vermehrungsfaktor ist 15,0[9].

β. *Topf-Versuche*

1. Methode

Am 12. 5. 54 gruben wir im Freiland je 7 Töpfe mit Erbsen, Rotklee und Luzerne ein, in die wir je 15 Pärchen *Sitona lineatus* setzten. Die Töpfe wurden mit Drahthauben abgedichtet. Ende Juli wurde der Besatz an Jungkäfern, Larven und Puppen ausgezählt.

[9] Zur statistischen Auswertung wurde nach Quadratwurzeltransformation der Beobachtungszahlen ein Test auf Gleichheit der Regression auf den verschiedenen Pflanzenarten durchgeführt. (Irrtumswahrscheinlichkeiten = 5 %.)

Die Erbsen waren zu diesem Zeitpunkt an *Pythium*befall eingegangen und konnten daher nicht ausgewertet werden. Probeweise wurde am 22. 6. ein durch *Pythium* befallener Erbsentopf geöffnet. Es wurden keine Larven, Puppen oder Jungkäfer gefunden.

In den Klee- und Luzernetöpfen waren ebenfalls keine Jungtiere zur Entwicklung gekommen.

2. Methode

Im Gewächshaus schwemmten wir auf je 10 15-cm-Töpfen mit Erbsen, Ackerbohnen, Saatwicken, Rotklee, Luzerne und Phaseolus 100 Eier, und auf je 10 20-cm-Töpfen jeder Pflanzenart 200 Eier von *Sitona lineatus* ein (2). Nach 6 Wochen wurde die Zahl der entwickelten Larven, Puppen und Jungkäfer ausgezählt.

Erbsen, Ackerbohnen und Rotklee waren durch Blattlaus- und Mehltaubefall derart geschwächt, daß die Wurzeln allmählich eingingen, und mußten schon nach 3 Wochen ausgewertet werden. In den Bohnentöpfen wurden überhaupt keine, in den Erbsentöpfen insgesamt nur 19 Jungtiere gefunden.

In den mit 100 Eiern belegten Wickentöpfen kamen im Mittel 48 %, in den mit je 200 Eiern belegten Töpfen im Mittel 56 % der aufgelegten Eier zur Entwicklung. Auch in den Luzernetöpfen zeigte sich kein Unterschied in der Zahl der entwickelten Eier zwischen den Töpfen mit verschiedenen Eizahlen: 100 Eier je Topf = 8 %, 200 Eier je Topf = 9 % Entwickelte Eier. Auf Phaseolus kamen überhaupt keine Jungtiere zur Entwicklung.

Ein deutlicher Unterschied trat in der Entwicklungsgeschwindigkeit der Tiere auf Wicken und Luzerne auf: Nach 6 Wochen wurden auf Wicken von allen entwickelten Eiern 84 % Puppen und 16 % letzte Larvenstadien, auf Luzerne dagegen nur 3,5 % Puppen und 96,5 % größtenteils junge Larvenstadien gefunden. Die Entwicklung dauert auf Luzerne demnach wesentlich länger als auf Wicken, und Luzerne erwies sich somit auch im Topf-Versuch als Brutpflanze weniger geeignet als Saatwicken.

6. Abschließende Betrachtung der verhaltensbiologischen Beobachtungen

Die Versuchsergebnisse haben gezeigt, daß in der Temperaturabhängigkeit von *Sitona lineatus* mit Einsetzen der Geschlechtsreife im Frühjahr eine Umstimmung eintritt. Bis zur Eiablage liegt die Vorzugstemperatur bei rund 22° C, dann sinkt sie allmählich auf rund 12° C ab. Wie wir später noch auszuführen haben, liegt nach Andersens Untersuchungen (5, 7) aber das Optimum für die Eibildung und Eiablage zwischen 21° und 24° C, unabhängig davon, daß die Eiablage schon beginnen kann, wenn die Temperatur tagsüber mehrere Stunden auf 13° C ansteigt. Es tritt daher die Frage auf, wie sich das Absinken des Vorzugsbereiches auf 12° C ökologisch auf die Eiablage auswirkt und in welchem Zusammenhang diese beiden Vorgänge miteinander stehen.

Nach unseren Beobachtungen liegt der Beginn der Eiablage noch bei einer Vorzugstemperatur von 22° C. Das darauf folgende Absinken der Vorzugstemperatur auf ca. 12° C gewährt, biologisch gesehen, einen Schutz für die Eier, denen hohe Temperaturen durch rasche Austrocknung schädlich werden.

Die im Hochsommer schlüpfenden Jungkäfer weisen wiederum eine Vorzugstemperatur von rund 22° auf.

Die Verschiebung der Temperaturvorzugsbereiche für die verschiedenen Altersstufen wird indirekt durch die Beobachtungen anderer Autoren bestätigt, welche feststellen, daß *Sitona lineatus* sich im Frühjahr bei Sonnenschein auf den Pflanzen aufhielt (Andersen, 2;

Jackson, 19, 20), im Juni/Juli dagegen tagsüber in Schlupfwinkel verkroch. Im Hochsommer wurden auch an warmen Tagen tagsüber Tiere in großer Zahl auf Klee gefunden (Schnell, 40). Die genannten Autoren trafen keine Unterscheidung zwischen Alt- und Jungkäfern. Andersen und Jackson sprachen lediglich die Vermutung aus, daß die Witterung ausschlaggebend für dieses Verhalten sei, indem die Temperatur im Sommer tagsüber zu hoch sei und die Tiere deshalb nur nachts fressen. Die Tatsache, daß im Hochsommer an Klee auch an warmen Tagen zahlreiche Tiere anzutreffen waren (40), wurde nicht näher erläutert.

Andersen fand im Gegensatz zu unseren eigenen Feststellungen nur eine Vorzugstemperatur für *Sitona lineatus*, und zwar bei rund 25° C. Da er über die Art seines Versuchsmaterials keine näheren Angaben machte, nehmen wir an, daß er nur Jungkäfer untersuchte.

Eine ähnliche Verschiebung des Temperaturvorzugsbereiches von 16–20° C in Abhängigkeit von der Gonadenreife konnten Schrödter und Nolte (42) am Rapserdfloh feststellen.

Die Tatsache, daß der Temperaturvorzugsbereich von 12–15° C bei Tieren, die auf Wicken fressen, am deutlichsten in Erscheinung trat, erklären wir durch die morphologischen Unterschiede der drei untersuchten Pflanzenarten. Die Beobachtung von Andersen (2), daß auf Ackerbohnen die Tiere zum großen Teil in und auf den oberen Blättern sitzen oder sich versteckt halten, können wir bestätigen. Auf Erbsen bevorzugen sie zum Fraß und Versteck die unteren Blätter und die Blattachseln. Die kleinen Blätter der Wicken bieten den Käfern dagegen gar keine Versteckmöglichkeiten. Wenn sie an diesen Pflanzen fressen, setzen sie sich den Umweltbedingungen, wie Temperatur und Sonne, in höherem Maße aus als auf Erbsen und Ackerbohnen, auf denen sie durch das Laub der Pflanzen vor extremen Temperaturen geschützt werden. Auf ersteren sind sie daher tatsächlich nur bei günstigen Umweltbedingungen anzutreffen und halten sich sonst im Boden versteckt, während sie sich auf letzteren auch bei weniger günstigen Bedingungen aufhalten können.

Einen *Vorzugsbereich für Licht* konnten wir in unseren Versuchen nicht feststellen. Wir können daher die Ansicht, daß *Sitona lineatus* ein Lichtflüchter ist (16), weder bestätigen noch widerlegen. Bei Horizontalbeleuchtung verhielten die Tiere sich sogar positiv phototaktisch. Aus dieser Beobachtung darf aber nicht auf das Verhalten im Freiland geschlossen werden, da dort so scharf abgegrenzte Licht-Schattenbereiche kaum verwirklicht sind. Eine Ausnahme bilden höchstens die Randbezirke eines Bestandes. Eine Bevorzugung dieser Gebiete bzw. eine besondere Reaktion innerhalb dieser Gebiete konnte nicht beobachtet werden.

Die Annahme einer negativen Phototaxis von *Sitona lineatus* wäre aber insofern sehr verständlich, als zur Eiablagezeit tagsüber kaum Tiere auf Pflanzen angetroffen werden. Dies ist aber, wie schon ausgeführt, eine Folge der Verschiebung des Temperaturvorzugsbereiches zu niedrigen Temperaturen um diese Zeit.

Nach unseren Beobachtungen kommt dagegen dem Licht eine entscheidende Bedeutung bei der Auslösung der Flüge zu, denn bei allen Versuchen, bei welchen die Tiere sich bei einer entsprechenden Umgebungstemperatur im Hellen ansammelten, wurden Flugversuche unternommen.

In Freilandbeobachtungen war eine außerordentlich große Abhängigkeit der Flüge vom Sonnenlicht festzustellen, die erstens auf eine kinetische stimulierende und zweitens auf eine wärmespendende Wirkung der Sonne zurückgehen kann. Die Versuche im Laboratorium sprechen dafür, daß in erster Linie die Wärmeeinstrahlung der Sonne der auslösende Faktor für die Flüge ist. Hohe Lichtintensitäten ohne Wärmeeinstrahlung wirkten zwar

auch bis zu einem gewissen Grade flugaktivierend, erreichten aber niemals die gleiche Flugfrequenz wie Licht + Wärme. Wir können deshalb im Freiland unter natürlichen Bedingungen der Einstrahlungswärme der Sonne die ausschlaggebende Wirkung zusprechen. Dies wird bestätigt durch die Beobachtungen, in denen trotz hoher Lichtintensität und hoher Lufttemperatur bei leichtem Wind *keine* Flüge stattfanden. Würden diese hauptsächlich durch die Lichtintensität gesteuert, so hätten sie auch dann erfolgen können.

Aus diesem Verhalten schließen wir, daß die Tiere in der Lage sind, bei Sonneneinstrahlung ihre Körpertemperatur um mehrere Grade über die Lufttemperatur zu erhöhen, denn schon Krüger und Duspiva (24) stellten einwandfrei fest, daß einige Insekten bei Besonnung und Windstille innerhalb weniger Minuten eine Übertemperatur von 10° C und mehr gegenüber ihrer Umgebung aufwiesen. Bei Beschattung oder leichtem Windeinfluß fand ein sofortiger sprunghafter Abfall dieser Körpertemperatur statt.

Diese Beobachtungen erklären das unterschiedliche Verhalten von *Sitona lineatus* im Freiland und im Laboratorium, wenn der Licht- oder Wärmefaktor im Minimum ist. Bei überdurchschnittlicher Lufttemperatur (25° C im Freiland, 35° C im Laboratorium) und Windstille konnten auch bei suboptimalen Lichtintensitäten (18 000 Lux im Freiland, 112 Lux im Laboratorium) fliegende Tiere beobachtet werden. Lag die Lichtintensität hoch und die Lufttemperatur um 20–21° C, also normal, so fanden schon bei geringer Windstärke (–0,6 m/sec) keine Flüge mehr statt. Bei einer Lufttemperatur von 25° C wurden unter sonst gleichen Bedingungen wiederum Flüge beobachtet. Dieses gegenseitige Vertreten der einzelnen Witterungsfaktoren bei der Flugauslösung spricht eindeutig dafür, daß 1. eine hohe Umgebungstemperatur auch im Freiland bis zu einem gewissen Grade die Wärmeeinstrahlung der Sonne ersetzen kann, und 2. daß auch der Wind über den Wärmefaktor auf die Flüge einwirkt, indem die Körpertemperatur wahrscheinlich durch erhöhten Wärmeaustausch rasch herabgesetzt wird.

Eine mechanische Behinderung der Abflüge durch den Wind dürfte erst durch höhere Windgeschwindigkeiten gegeben sein, braucht aber für *Sitona lineatus* nicht diskutiert zu werden, da sie ihr hohes Wärmebedürfnis für die Flugtätigkeit bei hohen Windgeschwindigkeiten nicht mehr befriedigen können. Infolgedessen kann man annehmen, daß der Wind einzig über den Wärmefaktor auf die Flüge einwirkt.

Ähnliche Verhältnisse scheinen für den Kohlschotenrüßler, *Ceutorrhynchus assimilis*, vorzuliegen (9). Optimale Flugbedingungen herrschten bei Lufttemperaturen von 20–25° C und einer Windgeschwindigkeit von 2° Beaufort (3,4 m/sec). Hohe Temperaturen konnten den Einfluß hoher Windgeschwindigkeiten reduzieren und umgekehrt. Die Tatsache, daß Lufttemperaturen von 20–25° C die größte Flugaktvität hervorriefen, spricht für die gleiche Wärmeabhängigkeit, wie wir sie für *Sitona lineatus* feststellten, denn ohne direkte Sonneneinstrahlung werden in Holland, wo die Untersuchungen angestellt wurden, kaum Lufttemperaturen von 20–25° C erreicht.

Vom Kohlgallenrüßler berichten Schrödter und Scheiding (41) ebenfalls, daß bei gleichbleibender Umgebungstemperatur mit zunehmender Sonnenscheindauer die Zahl der Käfer in den Fangschalen (Hochschalen) zunahm. Auch hier scheinen die Verhältnisse ähnlich zu liegen.

Über den Zeitpunkt der Flüge liegen nur einige Beobachtungen vor [Schnell (40); Andersen (2); Lehmann und Klinkowski (28)]. Es wurden nur im Frühjahr und Hochsommer fliegende Tiere gefunden. Im Laboratorium dagegen kann *Sitona lineatus* das ganze Jahr über zum Fliegen gebracht werden. Diese Diskrepanz zwischen dem Verhalten im Freiland und

im Laboratorium erklärt sich durch die Umstimmung in der Temperaturabhängigkeit während der Imaginalentwicklung. Auf Grund ihres hohen Temperaturoptimums bei 22° C setzen die Tiere sich im Frühjahr dem Sonnenlicht aus, indem sie die höchsten Punkte ihrer Umgebung erklimmen. Nach TISCHLER (46) wird diese Reaktion bei Rüßlern allein durch den Temperatursinn, also nicht durch positive Phototaxis ausgelöst. Wenn die Tiere genügend erwärmt sind, fliegen sie ab. Die Tiere erwiesen sich im Hungerzustand bedeutend flugbereiter als im gesättigten. Sind sie daher einmal auf den Nähr- und Brutpflanzen gelandet, so fällt ein wesentlicher Flugreiz, der Hunger, fort. Mit der Eiablage setzt die Umstimmung der Temperaturabhängigkeit ein, und die Tiere meiden flugauslösende Temperaturen und damit auch das Sonnenlicht. Diese Tiere werden also nicht mehr fliegen. Im Hochsommer treten dann die Jungkäfer der neuen Generation mit einem Temperaturvorzugsbereich von 22° C auf. Sie suchen die Sonnenwärme und sind nach dem Trockenwerden bzw. der Ernte der Erbsen und Ackerbohnen durch einen gewissen Hungerzustand in besonders flugbereiter Stimmung. Die im Frühjahr und Hochsommer fliegenden Tiere sind also Angehörige verschiedener Generationen, die aber durch die gleichen Faktoren, hohes Temperaturoptimum und Hunger, zum Fliegen gebracht werden. Im Laboratorium dagegen fliegen hungernde Altkäfer zu jeder Zeit, da sie bei hohen Temperaturen keine andere Ausweichmöglichkeit haben. Wir können ihre Flüge als eine Art Fluchtreaktion auffassen.

Eine zweite Möglichkeit zur Erklärung der Tatsache, daß die Tiere im Freiland nach der Geschlechtsreife nicht mehr fliegen, wäre die Annahme, daß die Flugmuskulatur nach der Geschlechtsreife reduziert würde, wie JOHNSON (21) und HAINE (17) bei Aphiden beobachten konnten. Diese Möglichkeit fällt aber für *Sitona lineatus* aus, da, wie schon gesagt, auch der geschlechtsreife Altkäfer unter geeigneten Bedingungen im Laboratorium fliegen kann.

Eine direkte *Abhängigkeit der Tiere* von einer bestimmten *Feuchtigkeit* konnten wir im Freiland nicht feststellen, da die bevorzugten niedrigen Temperaturen stets mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit zusammenfielen.

Die gleiche Abhängigkeit von niedrigen Temperaturen, gekoppelt mit hoher Luftfeuchtigkeit, stellten SCHRÖDTER und NOLTE (42) für den Rapserdfloh im Freiland fest.

Im Laboratoriumsversuch bevorzugte *Sitona lineatus* im Hungerzustand eindeutig hohe Luftfeuchtigkeit, im gesättigten dagegen niedrige. Es ist kaum anzunehmen, daß die Feuchtigkeit im Freiland einen richtenden Faktor darstellt. Sie wirkt wahrscheinlich über den Nahrungsfaktor, wie ANDERSEN (5) schon vermutete und durch Laboratoriumsversuche unterbaute. Bei nasser Witterung trocknen die Tiere nicht so schnell aus und nehmen daher weniger Nahrung auf, da sie ihren Feuchtigkeitsbedarf zum großen Teil durch die Nahrung decken. Bei trockener Witterung dagegen trocknen sie schneller aus und müssen mehr Nahrung aufnehmen. In Abb. 1 können wir feststellen, daß die meisten Käfer immer dann bei niedrigen Temperaturen auf den Pflanzen zu finden waren, wenn die Temperaturen des vorhergehenden Tages hoch waren. Dies unterstützt unsere Deutung der Rolle, die die Feuchtigkeit für die Tiere spielt, und erklärt auch die Empfindlichkeit der Käfer in den Laboratoriumsversuchen (Feuchtigkeits- und Geruchssinn) gegenüber verschiedenen Feuchtigkeiten.

Es ergibt sich daraus eine interessante Relation zwischen Streben nach Feuchtigkeit und Hunger. Werden hungernde Tiere verschiedenen Feuchtigkeiten ausgesetzt, so wählen sie die höchste Feuchtigkeit; werden aber

hungernde Tiere einige Tage in hoher Feuchtigkeit gehalten und dann verschiedenen Feuchtigkeiten ausgesetzt, so ziehen sie die Trockenheit vor, obwohl sie nichts zu fressen bekamen. Dies beweist eindeutig, daß sie sowohl durch die Nahrungsaufnahme als durch Aufsuchen einer entsprechenden Umgebungsfeuchtigkeit einen Ausgleich ihrer inneren Feuchtigkeitsverhältnisse schaffen können. Im Freiland unter natürlichen Bedingungen wird dies in erster Linie durch die Nahrungsaufnahme geschehen. Der innere Feuchtigkeitszustand scheint optimal zu sein, wenn er ungefähr mittleren Umweltsfeuchtigkeiten entspricht.

Auch in den Versuchen über den Geruchssinn zeigte sich, daß hungernde Tiere sofort auf Feuchtigkeit reagierten, gefütterte dagegen erst nach 3–4 Tagen. Dabei war die Art des Futters allerdings sehr wesentlich. Nach Klee- und Luzernefutter war die Reaktionsbereitschaft schon am Fütterungstage sehr hoch. Es scheint also der Feuchtigkeitsgehalt der Nährpflanzen verschieden hoch zu sein.

Damit ergibt sich ein weiterer Zusammenhang zwischen Feuchtigkeitsgehalt der Nahrung bzw. der Tiere und Auslösung der Flüge. Hungernde Tiere sind bedeutend flugbereiter als gesättigte. Im Frühjahr fliegen aber auch die Tiere, die kurz zuvor noch an Klee und Luzerne gefressen hatten, in hohem Maße. Der unterschiedliche Feuchtigkeitsgehalt, den die Pflanzen für die Tiere besitzen, scheint mit der Flugauslösung eng zusammenzuhängen. Tiere, die mit Blättern mit hohem Feuchtigkeitsgehalt frisch gefüttert sind, verdunsten bei gleicher Wärmeeinstrahlung der Sonne und gleichem Feuchtigkeitsgehalt der Luft mehr Wasser und setzen dadurch ihre Körpertemperatur mehr herab, als Tiere, die nicht bzw. mit Pflanzen mit niedrigem Feuchtigkeitsgehalt gefüttert sind. Da *Sitona lineatus* aber in der Flugaktivität sehr wärmeabhängig ist, kann die Temperaturerniedrigung durch erhöhte Transpiration einen Hemmfaktor darstellen, und die schwache Reaktion gefütterter Tiere wäre dadurch zu erklären.

Abschließend ergibt sich, daß unter den klimatischen Faktoren die Temperatur den entscheidenden Einfluß ausübt. Die erkennbaren Wirkungen von Licht und Feuchtigkeit kommen dadurch zustande, daß diese Faktoren teils die aktuellen Temperaturen steuern, teils selbst temperaturabhängig sind.

Über die *Orientierung* von *Sitona lineatus* war bisher nichts bekannt.

Die Ergebnisse der Farbversuche lassen einen eindeutigen Schluß auf die Farbtüchtigkeit der Tiere nicht zu. Trotzdem wollen wir die Ergebnisse kurz diskutieren.

Nach v. Buddenbrock (12) unterscheiden die Insekten höchstens 4 Farbbereiche, nämlich: Rot-gelb-grün, Blaugrün, Blauviolett und Ultraviolett. Schlegentdahl (39) beobachtete ein deutliches Grünunterscheidungsvermögen blattfressender Chrysomelidenarten, und Moericke (29) fand bei Blattläusen zwei unterschiedene Farbbereiche, Rot-gelb-grün und Blau-violett-purpur, von denen ersterer Landereize ausübte. Einzelne Blattlausarten unterschieden sogar die charakteristischen Grünarten ihrer Wirtspflanzen von anderen Grüntönen.

Unsere Ergebnisse an *Sitona lineatus* können mit größter Vorsicht dahin gedeutet werden, daß die Farbbereiche Gelb-orange-rot und Blau-violett-grün unterschieden werden können. Jedoch läßt sich aus ihnen nicht auf eine Unterscheidungsfähigkeit für grüne Farben schließen. Außerdem widersprechen diese Laboratoriumsergebnisse den mit Fangschalen im Freiland angestellten Beobachtungen. Im übrigen sprechen die Freilandbeobachtungen im Frühjahr nicht für die Bedeutung einer optischen Orientierung von

Sitona lineatus; die Flugtätigkeit setzte bei günstiger Witterung unabhängig davon ein, ob Wirtspflanzen aufgelaufen waren oder nicht. Fliegende Tiere landeten wahllos auf nacktem, unbewachsenem Boden, auf irgendwelchen Feldern, ohne Berücksichtigung der darauf stehenden Pflanzen.

Eine Orientierung nach dem Geruch konnten wir für *Sitona lineatus* ebenfalls nicht feststellen. Wäre diese gegeben, so hätte sie zumindest in der Versuchsanordnung erkannt werden müssen, in welcher die Tiere unmittelbar über die Duftquelle gesetzt wurden, da auch Tiere, die sich auf weitere Entfernung nur im Luftstrom geruchlich orientieren können, auf geringe Entfernung im Konzentrationsgefälle des Duftstoffes positiv reagieren (13, 22, 38, 44). Auch im Luftstrom reagierte *Sitona lineatus* nicht auf die gebotenen verschiedenen Duftstoffe, und wir können nicht annehmen, daß die Tiere im Freiland, wo ihnen ein Duftgemisch geboten wird, auf die geruchlichen Reize einer Pflanze ansprechen können.

Dagegen zeigten unsere Untersuchungen unter Freiland- und Laboratoriumsbedingungen, daß die Tiere in unmittelbarem Kontakt mit den Pflanzen ein sehr gutes Geschmacks- bzw. Auswahlvermögen besitzen. Wir vermuten daher, daß bei *Sitona lineatus* die Auswahl der Fraß- und Brutpflanzen nach dem Prinzip von Versuch und Irrtum geschieht, wie es MÜLLER (34) für Blattläuse auf verschiedenen Bohnensorten beschrieb.

Es war auffällig, daß die Besiedlungsdichte von *Doralis fabae* auf den Bohnensorten Schlanstedter und Rastatter sich erheblich unterschied, und man war der Meinung, daß dieser unterschiedliche Initialbefall durch ein geruchliches Auswahlvermögen der Tiere zustande komme. MÜLLER konnte durch sofortiges Abfangen und Auszählen der anfliegenden Läuse nachweisen, daß der Zuflug auf beide Sorten gleich stark war, und daß der unterschiedliche Befall durch mehr oder weniger lange Verweilzeit auf den beiden Sorten zustande kam. Nach mehrmaligem Probesaugen flog nach kurzer Zeit der größte Teil der Tiere von den Rastatter Bohnen wieder ab.

In ähnlicher Weise könnte *Sitona lineatus* zunächst wahllos verschiedene Pflanzen anfliegen und dort durch Probieren die Pflanzen prüfen. Jedenfalls wurden sowohl im Freiland als auch im Laboratorium immer auf Erbsen die meisten Tiere gefunden bzw. der meiste Fraß beobachtet, ein Zeichen, daß die Erbsen allen anderen Leguminosen gegenüber bevorzugt wurden.

Auf Grund dieser Ergebnisse deuten wir die Orientierung von *Sitona lineatus* beim Frühjahrsbefall folgendermaßen: Die Tiere fliegen bei günstigen Witterungsbedingungen und landen wahllos auf den Pflanzen. Erst dort prüfen sie, ob diese ihnen zusagen. Ist dies nicht der Fall, so fliegen sie sofort bzw. bei den nächsten günstigen Flugbedingungen wieder ab, und der ganze Vorgang wiederholt sich. Auf diese Weise finden viele Tiere ihre Brutpflanzen früh, wenn lange andauernde oder häufige flugbegünstigende Witterungsbedingungen herrschen. Weitere Beobachtungen im Zusammenhang mit unseren Studien über den Massenwechsel (s. d.) sprechen für diese Annahme. Einen wesentlichen Begrenzungsfaktor des Massenwechsels kann jedoch die verlängerte Exposition der Tiere gegen störende Umweltsfaktoren bei erschwerter Nahrungssuche kaum darstellen, da die Tiere nach Angaben von ULASHKEVICH (47) und eigenen Beobachtungen fast einen Monat ohne Nahrung lebensfähig sind und der unmittelbare Einfluß meteorologischer und biotischer Begrenzungsfaktoren auf wandernde Käfer von geringer Bedeutung ist.

Das Auffinden der Winterquartiere dürfte in der gleichen Weise vor sich gehen. Dies wird bestätigt durch die Beobachtung, daß nach der Erbsenernte

große Mengen von *Sitona lineatus* an Polygonum aviculare fressend gefunden wurden, die aber bei günstigen Witterungsbedingungen wieder abwanderten, da diese Pflanzen als Nahrung und damit als Winterquartier nicht geeignet sind.

Die Frage nach der *Eignung verschiedener Leguminosen als Brutpflanzen* konnte durch unsere Freilandbeobachtungen geklärt werden.

Im Jahre 1954 lag die höchste Vermehrung auf den Wickenschlägen, 1955 dagegen war die Vermehrung auf Erbsen, Ackerbohnen und Wicken gleich stark. Diese Unterschiede dürften auf die verschiedene Witterung der beiden Jahre während der Eiablagezeit und auf die verschiedene Lebensweise der Tiere auf den einzelnen Pflanzenarten zurückzuführen sein.

1954 war das Frühjahr warm und trocken. Unter diesen Bedingungen liegt die Sterblichkeit der Eier und Eilarven sehr hoch (4), denn die Eier werden von den Weibchen wahllos abgelegt und gelangen so teils auf den Boden, teils auf die Pflanzen. Nach unseren Beobachtungen halten sich die Tiere in Erbsen- und Ackerbohnenschlägen größtenteils auch tagsüber auf den Pflanzen auf. Die dort abgelegten Eier sind 1. schädlichen Witterungseinflüssen stärker ausgesetzt als die auf Wickenschlägen am Boden abgelegten, und 2. können sie bei trockenem Wetter nicht zu Boden gespült werden. Es ist daher anzunehmen, daß in trockenen Jahren viele der auf Erbsen- und Ackerbohnenpflanzen gelegten Eier zu Grunde gehen.

1955 dagegen war das Frühjahr kühl und naß. Die Eier wurden zwar ebenfalls auf allen Pflanzenarten wahllos abgelegt, da es aber viel regnete, wurden die auf Blättern abgelegten Eier zu Boden gespült, bevor sie durch schädliche Witterungseinflüsse vernichtet wurden. Dadurch lag schon im allgemeinen der Vermehrungsfaktor bedeutend höher als im Vorjahr und die Unterschiede zwischen den einzelnen Pflanzenarten wurden mehr oder weniger verwischt.

Im Vergleich zu den bisher genannten Brutpflanzen ist die Vermehrungsfähigkeit auf Klee und Luzerne außerordentlich gering. Wir fanden nur in einem Beobachtungsjahr in solchen Beständen in ganz geringer Anzahl Larven und Jungkäfer. Auch in den Gefäßversuchen entwickelte sich auf Luzerne nur ein sehr geringer Prozentsatz der aufgebrachten Eier. Da auf Klee und Luzerne in den Fütterungsversuchen von Andersen (5) die Eiproduktion sehr gering war, haben diese Arten für die Vermehrung von *Sitona lineatus* nur eine untergeordnete Bedeutung. Es kann sich daher nur um Ausnahmefälle handeln, wenn von starken Schädigungen junger Klee- und Luzernepflänzchen im Frühjahr durch *Sitona lineatus* berichtet wird (27, 28, 40, 45), nämlich dann, wenn durch ungünstige Witterung die Abflüge verhindert wurden und die Tiere noch in den Winterquartieren mit der Eiablage begannen. Bei den Fängen von Schnell (40), der in Schleswig-Holstein große Mengen von *Sitona lineatus* auf Klee- und Luzernefeldern fand, handelt es sich sicherlich größtenteils um zugewanderte Jungkäfer von anderen Leguminosenfeldern.

II. Beobachtungen über den Lebenslauf und den Massenwechsel von *Sitona lineatus* L.

An den Anfang unserer Betrachtungen über den Lebensablauf von *Sitona lineatus* stellen wir die Beobachtungen über den Massenwechsel und gehen

anschließend auf die einzelnen markanten Punkte der verschiedenen Lebensabschnitte ein.

1. Der Massenwechsel in den Jahren 1953–1955

In den Jahren 1953–1955 untersuchten wir die Besiedlungsdichte von *Sitona lineatus* auf verschiedenen Erbsenfeldern in der nahen Umgebung Göttingens. Wegen des ständigen Erbsenanbaus im Leinetal tritt *Sitona lineatus* in dieser Gegend regelmäßig in großen Mengen auf.

1953 führten wir unsere Untersuchungen im Zuchtgarten des Klostergutes Weende durch. Wir stellten insgesamt 50 Fangschalen (10 cm Durchmesser, 6 cm Höhe) zwischen den Pflanzenreihen auf. Zeitweise wurden sie täglich geleert. In der Abb. 10 sind die Fänge in Mittelwerten für fünf Tage eingetragen.

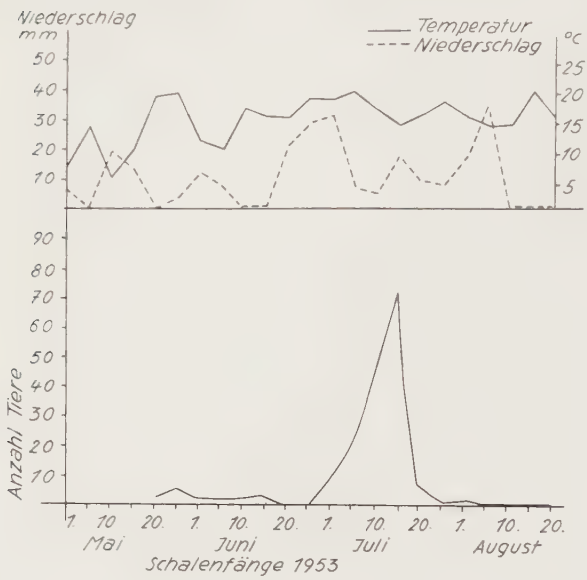

Abb. 10. Populationsverlauf 1953

1954 und 1955 verlegten wir unsere Untersuchungen auf das Versuchsfeld des Institutes für Pflanzenpathologie und Pflanzenschutz der Universität, das ca. 2 km vom Weender Zuchtgarten entfernt lag. Von den fünf angebauten Leguminosenarten berücksichtigen wir an dieser Stelle nur die Verhältnisse auf Erbsen.

1954 stellten wir auf jeder Erbsenparzelle in der Diagonalen drei Fangschalen auf, also insgesamt fünfzehn in den Erbsenschlägen des lateinischen Quadrates. Nebenher führten wir Auszählungen auf je 900 cm² Bodenfläche der Parzellen durch. Zu jedem Zeitpunkt wurden auf jedem Schlag zwei Proben ausgezählt. Wir erhielten also insgesamt zu jedem Zeitpunkt zehn Werte, von denen wir für die graphischen Darstellungen die Mittelwerte bildeten. Für 1954 geben wir zum Vergleich die Kurven für Schalenfänge und Bodenauszählungen wieder. 1955 stellten wir keine Fangschalen auf, sondern arbeiteten nur mit Bodenauszählungen.

Die Erbsenfelder lagen in allen drei Jahren nicht mehr als 200 m von einem vorjährigen Feld entfernt. Wir konnten daher annehmen, daß die Tiere, die auf dem vorjährigen Feld zur Entwicklung gekommen waren, aus ihren Winterquartieren die neuen Erbsenschläge aufsuchen würden.

Die Beobachtungen des Massenwechsels erfaßten die Imagines und im Juli außerdem die Altlarven und Puppen im Boden.

Bei den Wetterdaten sind jeweils die mittleren Tagestemperaturen im Mittel von fünf Tagen bzw. die gesamte Niederschlagsmenge von fünf Tagen angegeben. Die Werte wurden von der Wetterwarte Göttingen ermittelt. Ein Vergleich unserer für andere Beobachtungen auf dem Felde direkt gemessenen Daten mit denen der Wetterwarte ist nicht möglich, da beide unter verschiedenen Bedingungen gewonnen wurden. So wurden die Werte der Wetterwarte in einem Wetterhäuschen in zwei Meter Höhe erhalten, während unsere Messungen in Bestandeshöhe bzw. im Bestand direkt ausgeführt wurden. Da aber die angegebenen Daten der Wetterwarte uns nur ein grobes Bild der Verhältnisse geben sollten, erscheint uns deren Verwendung gerechtfertigt, zumal sowohl Versuchsfelder als auch Wetterwarte im Leinetal lagen und somit keine prinzipiell anderen Verhältnisse zu erwarten sind.

1953 waren die Erbsen schon aufgelaufen, als wir mit den Fängen beginnen konnten; 1954 und 1955 lag dieser Termin am 1. 5. bzw. am 5. 5.

Die Abb. 11–12 zeigen: Im Jahre 1954 war die Wanderung aus den Winterquartieren auf die Fraßplätze im wesentlichen bereits am 10. Mai beendet, 1955 dauerte sie bis Ende Mai.

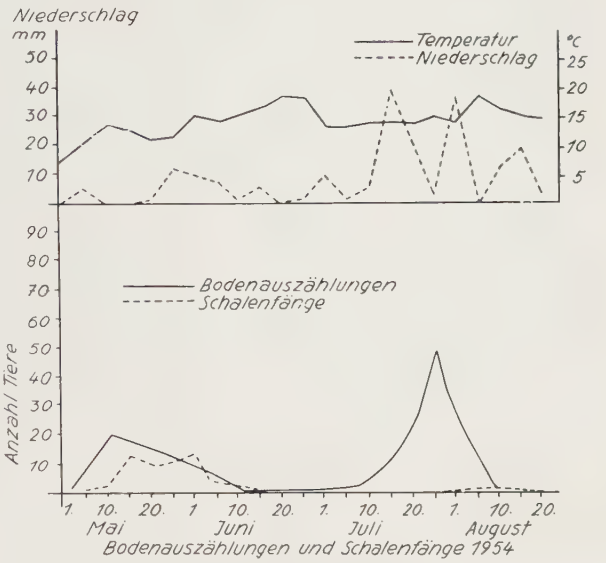

Abb. 11. Populationsverlauf 1954

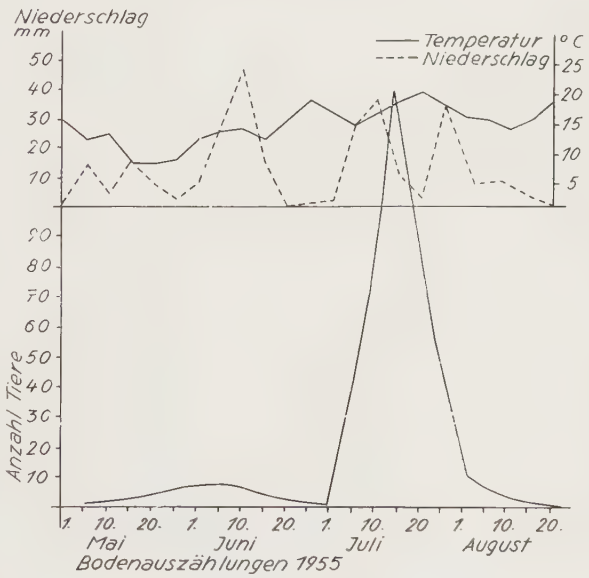

Abb. 12. Populationsverlauf 1955

Um die Zählungen der einzelnen Jahre miteinander vergleichen zu können, müssen wir zunächst einmal das Verhältnis von Bodenschalenfängen zu Bodenauszählungen besprechen. Da die Tiere in ihrer Aktivität am Erdboden sehr von der Temperatur abhängig sind, zeigte es sich, daß die Höhe der Fänge in den Bodenschalen ebenfalls sehr mit der Bodentemperatur schwankte. Im Frühjahr 1954 traten 2 Anstiege in der Kurve der Schalenfänge auf, die als Abnahme und erneute Zunahme der Populationsdichte gedeutet werden könnten. Die Kurve der Bodenauszählungen sagt aber aus, daß ab 10. Mai eine langsame aber stetige Abnahme der Käferzahlen stattfand. Extremer tritt diese Diskrepanz zwischen beiden Auszählverfahren im Sommer beim Erscheinen der neuen Generation auf. In den Bodenschalen wurden kaum Jungkäfer gefunden, so daß man nur auf eine ganz geringe Vermehrung schließen würde, wenn nicht die Bodenauszählungen bewiesen, daß diese doch erheblich war. 1953 dagegen konnten wir auch in den Schalenfängen einen starken Anstieg der neuen Generation gegenüber der alten feststellen. In diesem Jahr waren die Tage allgemein wärmer und vor allem die Erbsen schon früh ausgetrocknet. Dadurch wurde der Boden schneller und besser erwärmt als im folgenden Jahr, in welchem die Erbsen zur Zeit des Auftretens der Jungkäfer noch unreif waren und das Laub den Boden vor großen Temperaturschwankungen schützte. Die Bodenschalenfänge in Pflanzenbeständen gaben daher nur ein sehr unvollkommenes Bild von der Populationsbewegung, da sie sehr witterungs-

abhängig waren. Das Bild wurde nur um so unzuverlässiger, je dichter der Bestand und je geringer dadurch die Aktivität der Tiere am Boden wurde, also im Laufe des Sommers. Wenn wir die Ergebnisse der Schalenfänge trotzdem bei unseren Betrachtungen mit heranziehen, so geschieht es mit großer Vorsicht.

Den höchsten Frühjahrsbefall stellten wir 1954 fest. Da sowohl die Ergebnisse der Schalenfänge 1954 über denen von 1953 als auch die Anzahl der Tiere in den Bodenauszählungen 1954 über denen von 1955 lagen, erscheint uns dieser Schluß gerechtfertigt.

1953 und 1954 starb die Population der Altkäfer bis Ende Juni ab. 1955 wurden bis Ende Juli Altkäfer gefunden, als schon die ersten Jungkäfer geschlüpft waren.

Der hohe Anstieg der Kurven im Juli zeigte in allen drei Jahren das Auftreten der neuen Generation an. 1953 erfaßten wir in den Schalenfängen nur die Jungkäfer, in den anderen Jahren durch Bodenauszählungen auch die Altlarven und Puppen. Die Werte von 1953 sind nach den vorherigen Ausführungen als Mindestwerte anzusehen.

Die meisten Jungtiere traten im Sommer 1955, die wenigsten 1954 auf. Aber selbst in diesem Jahr übertrafen sie zahlenmäßig bei weitem die Elterntiere im Frühjahr.

Nach der Ernte bzw. der Austrocknung der Erbsen, Mitte bis Ende Juli, wanderten die Käfer restlos ab.

2. Die Zuwanderung

Man war bisher der Meinung, daß die Wanderung auf die Sommerwirte und in die Winterquartiere auf dem Boden geschieht (2). Da das schlagartige

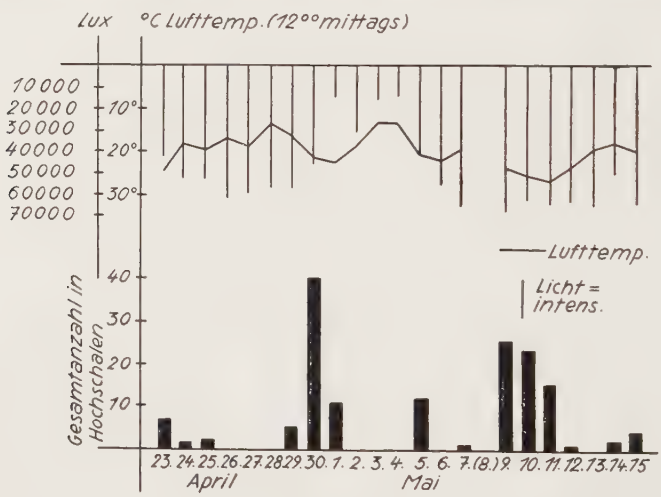

Abb. 13. Gesamtfänge in Hochschalen, Frühjahr 1954, in Abhängigkeit von der Lufttemperatur und der Lichtintensität

Auftreten im Frühjahr bei sonnigem Wetter aber nicht für „Fußwanderung" spricht, versuchten wir 1954 durch Hochschalenfänge diese Zusammenhänge zu klären.

Methode

Wir stellten 36 Fangschalen (23 cm Durchmesser, 7 cm Höhe), die während der Hauptflugzeit im Frühjahr mehrmals täglich geleert wurden, später nur noch in 5–10tägigen Abständen, in 1 m Höhe auf. Die meteorologischen Daten wurden jeweils um 12 Uhr mittags an Ort und Stelle gemessen.

Der Blattrandkäfer flog in größerer Anzahl, wenn die Lichtintensität hoch war und die Lufttemperatur über 20° C betrug.

Ein Vergleich der Abb. 13 und 11 zeigt, daß am 10. Mai die letzten großen Zuflüge stattfanden und daß zur selben Zeit der höchste Besatz auf den Feldern durch Bodenauszählungen ermittelt wurde. Von diesem Zeitpunkt an nahm die Populationsdichte ab. In den Hochschalen wurden keine Tiere mehr gefangen. Auch in den anderen Beobachtungsjahren nahm der Befall auf den Erbsenfeldern nach sonnigen Tagen besonders deutlich zu. Die zeitliche Übereinstimmung zwischen erhöhtem Käferauftreten und günstigen Flugbedingungen spricht für einen Zuflug und nicht für Zuwanderung.

Die Abwanderung der Jungkäfer in die Winterquartiere konnten wir in Schalenfängen nicht erfassen, da die Witterung zu ungünstig war. Sie scheint, je nach Witterungslage, auf dem Boden oder fliegend vor sich zu gehen.

3. Die Geschlechtsreife

Über den Zeitpunkt der Geschlechtsreife von *Sitona lineatus* bzw. über die Generationenzahl im Jahr werden verschiedene Meinungen vertreten. Nach Andersen (2) und Jackson (19) sollen die Tiere erst im März in den Winterquartieren geschlechtsreif werden. Zangheri (49) berichtet dagegen aus Italien, daß Jungkäfer auf Erbsen schon wieder im Oktober/November kopulieren und Eier legen. Im Frühjahr fand er neugeschlüpfte und überwinterte Käfer nebeneinander. Ebenso beobachtete Tischler (45) in Norddeutschland überwinterte Larven, die einer zweiten Generation entsprechen würden.

Um diese Frage zu klären, brachten wir im Herbst und Winter 1953 und 1954 zu verschiedenen Zeiten Tiere aus dem Freiland ins Laboratorium und hielten sie unter verschiedenen Bedingungen.

Tabelle 8

Abhängigkeit der Eiablage von verschiedenen Haltungsbedingungen

Temperatur °C	Beleuchtung	Futter	Eiablage
20	beleuchtet[1]	Erbsen (Ackerbohnen)	+
20	beleuchtet	Luzerne (Rotklee)	—
20	Tageslicht	Erbsen (Ackerbohnen)	bis Mitte März –, dann +
20	Tageslicht	Luzerne (Rotklee)	bis Mitte März –, dann +
12	Tageslicht	Erbsen oder Luzerne	—

[1] Zusätzlich zu dem geringen Tageslicht 16 Stunden täglich mit 60-Watt-Birne beleuchtet (Lichtintensität 270 Lux).

Vor Mitte März setzte in beiden Jahren die Eiablage nur ein, wenn die Tiere bei einer Umgebungstemperatur von ca. 20° C täglich 16 Stunden beleuchtet wurden und Erbsen- oder Ackerbohnenfutter erhielten. Erst ab Mitte März legten die Tiere im Laboratorium bei ca. 20° C auch bei Klee- und Luzernefutter und Tageslicht Eier ab.

Am 18. 10. 54 beobachteten wir auf einem Bohnenfeld Tiere in Kopula. Ohne Fütterung und Beleuchtung begannen sie im Laboratorium bei 20° C mit der Eiablage, in der Vegetationshalle bei Freilandtemperaturen dagegen nicht. Der Versuch ließ sich leider nicht wiederholen.

Ende Juni war die Eiablage in den Jahren 1954 und 1955 im Freiland beendet.

4. Die Winterquartiere

In Übereinstimmung mit ANDERSEN (2) fanden wir überwinternde Käfer vor allem auf Klee- und Luzernefeldern sowie an einzelnen Leguminosenpflanzen an Wegrändern bzw. Feldrainen. Überwinternde Larven (45) konnten wir bei Grabungen auf Klee-, Luzerne- und abgeernteten Erbsen- und Ackerbohnenfeldern nicht feststellen.

Im einzelnen liegen folgende Beobachtungen über die Überwinterung vor: 1953 fanden wir in der näheren Umgebung des Erbsenfeldes in Kleestreifen und -feldern keine Tiere, führten aber keine systematische Auszählungen durch. 1954 und 1955 zählten wir die Anzahl der Tiere auf je 900 cm² Bodenfläche in verschiedener Entfernung vom abgeernteten Erbsenfeld in je 10 Proben aus.

Die in Tab. 9 angegebenen Werte stellen Mittelwerte aus je 10 Zählungen dar.

Tabelle 9

Besiedlungsdichte und Verpilzung in den Winterquartieren in Abhängigkeit von der Entfernung von den Sommerstandorten, Oktober 1954 und Oktober 1955

	Entfernung vom Erbsenfeld	Besiedlungsdichte Mittl. Anzahl/900 cm²			Verpilzung auf 900 cm² in %		
1954		4.10.	25.10.	12.11.	4.10.	25.10.	12.11.
	100 m	44,1	27,9	21,6	71,6	82,0	84,9
	200 m	6,2	3,8	3,8	9,4	13,2	15,2
	300 m	höchstens 0,3—0,5	0,3	0,3	0	0	0
	1000 m	nur vereinzelte Tiere			—	—	—
1955			20.10.			20.10.	
	100 m		2,2			22,6	
	200 m		5,9			6,8	
	300 m		5,5			7,3	
	1500 m		3,1			6,4	

1954 blieben die meisten Tiere in der nächsten Umgebung eines Erbsenfeldes, 1955 dagegen verteilten sie sich ziemlich gleichmäßig über mindestens 1–1,5 km im Umkreis. Mitte August 1955 fanden wir kaum noch Tiere auf dem Erbsenfeld, während sie dort Ende August 1954 noch sehr zahlreich waren.

5. Biologischer Begrenzungsfaktor

a. Tierische Parasiten

Ende Juni fanden wir bei unseren Auszählungen im Freiland auf im Mittel 2,6 lebende Tiere/900 cm² 0,4 durch Schlupfwespen getötete. Von 41 Tieren, die am 1. 7. 54, und von 42 Tieren, die am 13. 7. 54 aus dem Freiland ins Laboratorium gebracht wurden, waren am 30. 7. 34 % bzw. 19 % durch Schlupfwespenbefall eingegangen.

Im Juni 1955 kamen auf im Mittel 4,3 lebende Tiere/ 900 cm² 0,8 durch Schlupfwespen getötete.

Aus Parasitenzuchten wurden *Perilitus spec.* und *Leiophron spec.* isoliert.

b. Pilzliche Parasiten

Als pilzlicher Parasit trat sowohl im Freiland wie in den Zuchten *Beauveria spec.* sehr häufig auf.

1953 zählten wir Mitte August auf einem Luzernefeld 50 % verpilzte Tiere bei einer Besiedlungsdichte von durchschnittlich 27 Tieren/900 cm². Wir konnten die Beobachtungen leider nicht fortführen, da die restlichen Tiere abwanderten.

1954 und 1955 begannen wir mit den Beobachtungen im September, als die Tiere ihre Winterquartiere aufgesucht hatten und nicht mehr abwanderten (Tab. 9).

Die Verpilzung war 1954 in der geringsten Entfernung vom Erbsenfeld, also bei der größten Besiedlungsdichte, am höchsten.

Für die scheinbar abnehmende Besiedlungsdichte im Laufe der Zeit bis zum 12. 11. gibt es zwei Erklärungsmöglichkeiten: Außer der Verpilzung kann ein weiterer Feindfaktor, z. B. Feldmäuse, an der Dezimierung der Tiere beteiligt gewesen sein. Es ist aber auch möglich, daß wir bei den späteren Auszählungen die früh eingegangenen Tiere nicht mehr fanden und die Besiedlungsdichte dadurch, gegen Oktober gesehen, wesentlich geringer schien. Dabei bleibt die Frage offen, wie lange verpilzte Tiere unter Freilandbedingungen wiedergefunden werden können. Im Laboratorium halten sie sich bei trockener Umgebung zweifellos mehrere Monate; es ist aber durchaus denkbar, daß sie bei großer Feuchtigkeit im Freiland schneller zerfallen.

Eine Abwanderung kann nicht mehr stattgefunden haben, da wir bei „Fußwanderung" die Tiere mindestens teilweise in 300 m Entfernung hätten wiederfinden müssen. Für Flüge waren aber im Oktober die Witterungsbedingungen nicht mehr gegeben.

1955 war die Besiedlungsdichte in 200–1500 m Entfernung vom ehemaligen Erbsenfeld ziemlich gleichmäßig und durch den weiten Aktionsradius im Vergleich zum Vorjahr relativ niedrig. In allen Entfernungen war auch nur eine geringe gleich hohe Verpilzung zu beobachten.

In 100 m Entfernung dagegen war die Besatzdichte niedriger, die Verpilzung aber höher als in den übrigen Entfernungen. Hierfür gibt es ebenfalls zwei Möglichkeiten der Erklärung: Nach der Erbsenernte wanderte ein großer Teil der Tiere zunächst auf dem Boden ab, die Besiedlungsdichte in der näheren Umgebung der Erbsenfelder wurde dadurch sehr hoch. Bei günstigen Flugbedingungen flogen die meisten Tiere aber später ab. Die Verpilzung hatte schon bei hoher Besiedlungsdichte eingesetzt und lag dadurch höher, als bei der angetroffenen, niedrigen Besatzdichte zu erwarten gewesen wäre.

Eine andere Möglichkeit wäre, daß nur Tiere schwächlicher Konstitution in nächster Nähe der Erbsenfelder blieben und dem Pilz schneller und leichter zum Opfer fielen.

Die Beobachtungen der beiden Jahre zeigen deutlich, daß die Höhe der Verpilzung in den Winterquartieren abhängig ist von der Besatzdichte.

D. Diskussion der Ergebnisse

Bevor wir auf die Hauptaufgabe unserer Arbeit, auf die Analyse des Massenwechsels von *Sitona lineatus* und seiner Ursachen, näher eingehen, besprechen wir noch einmal die Versuche, welche sich mit der Geschlechtsreife von *Sitona lineatus* befaßten. Sie können die Generationsverhältnisse für die verschiedenen Gebiete klären und bilden insofern auch einen Beitrag zur Analyse des Massenwechsels, da eine zweite Generation eines Schädlings für die Gradition u. U. von erheblicher Bedeutung ist.

Schon Andersen (2) und Jackson (19) beobachteten, daß *Sitona lineatus* im Freiland in der Entwicklung der Gonaden eine Art Winterruhe durchmacht, die erst Mitte März beendet ist. Durch Gonadenuntersuchungen konnten sie bestätigen, daß das Wachstum der Geschlechtsorgane erst im März beginnt.

Zangheri (49) und Tischler (45) berichten dagegen von überwinternden Larven, also von einer zweiten Generation. Wir wollen versuchen, auf Grund unserer Ergebnisse diese unterschiedlichen Beobachtungen zu deuten.

Ab Oktober konnten wir im Laboratorium die Tiere bei 20° C Umgebungstemperatur, 16stündiger täglicher Beleuchtung und Erbsen- oder Ackerbohnenfutter zur Eiablage bringen. Bei gleichen Bedingungen legten sie bei Klee- und Luzernefutter nicht. Ohne Beleuchtung wurde, gleichgültig welches Futter gegeben wurde, keine Eiablage erreicht. Ab Mitte März aber legten Tiere aus dem Freiland bei Zimmertemperatur bei jeder Futterart, unabhängig von der Beleuchtung.

Die Zeit der Geschlechtsreife hängt offensichtlich von der Art der Ernährung ab. Klee und Luzerne üben zumindestens einen verzögernden Einfluß auf die Gonadenentwicklung der Tiere (wie auf die Larvenentwicklung) aus. Bei ausschließlicher Klee- und Luzerneernährung im Freiland tritt die Geschlechtsreife erst Mitte März ein. Andersen beobachtete, daß aber auch dann bei ausschließlicher Ernährung auf diesen Pflanzen die Fertilität der Tiere wesentlich herabgesetzt wird. Sie steigt sofort an, wenn Erbsen oder Ackerbohnen verfüttert werden (5). Klee und Luzerne scheinen für die Ernährung und normale Eibildung der Tiere nicht ausreichend zu sein.

Dieses Verhalten auf den verschiedenen Wirtspflanzen zeigt eine Parallele zu Untersuchungen an Kartoffelkäfern (48). Das Kraut von *Solanum demissum* und *Solanum commersoni* vermindert gegenüber *Sol. edinense* und *Sol. tuberosum* die Fertilität der Imagines beträchtlich.

Neben dem Ernährungszustand spielt, zumindestens bei künstlicher Unterbrechung der Winterruhe auch der Lichtfaktor, vielleicht die Tageslänge, eine große Rolle. Solche Lichteinflüsse auf Entwicklungsvorgänge bei Arthropoden sind mehrfach beobachtet worden.

So fand Lees (26) für die Spinnmilbe *Paratetranychus pilosus*, daß das Einsetzen der Diapause durch Kurztagsbeleuchtung bedingt ist, während Langtagsbeleuchtung diese verhindert. Umgekehrt beobachtete Rowan (36), daß bei der Blattlaus *Aphis forbesi* bei Kurztagsbeleuchtung eierlegende sexuelle Formen auftraten.

Unsere Beobachtungen deuten darauf hin, daß die Ernährung bei *Sitona lineatus* die entscheidende Rolle für die Geschlechtsreife oder zumindest für die Eiablage spielt, denn im Oktober auf Ackerbohnen gesammelte Tiere begannen ohne Beleuchtung mit der Eiablage. Für unsere Ansicht sprechen auch die Angaben Zangheri (49), welcher in Italien im Herbst geschlechtsreife Tiere auf Erbsen fand. Grundsätzlich ist damit die Möglichkeit des

Auftretens einer zweiten Generation in solchen Gebieten gegeben, in welchen gute Nahrungsquellen (Erbsen oder Ackerbohnen) auch in den Spätherbstmonaten zur Verfügung stehen. Die Tiere werden dann, wie unsere Laboratoriumsbeobachtungen zeigten, geschlechtsreif. Die *Eiablage* kann aber nur einsetzen, wenn die dafür günstigen hohen Temperaturen eintreten, da grundsätzlich zu unterscheiden ist zwischen Eibildung und Eiablage.

Nach Versuchen Andersens (7, 8) werden diese beiden Vorgänge durch die Temperatur unterschiedlich beeinflußt. Die Eibildung ist schon bei niedrigeren Temperaturen möglich als die Eiablage. Für diese sind Temperaturen von 21–24° C optimal. Im Frühjahr setzt sie frühestens ein, wenn die Tagesmitteltemperaturen etwa 12° C betragen und die Temperatur täglich wenigstens einige Stunden über 13° C steigt. Wurden im Laboratorium eierlegende Weibchen längere Zeit bei 11° C gehalten, so hörte die Eiablage auf und setzte auch nicht wieder ein, wenn die Tiere in 18° C gebracht wurden. Erst eine starke Temperaturerhöhung auf 26° C ließ die Eiablage wieder beginnen. Es muß nach diesen Versuchsergebnissen doch eine erhebliche Temperatursteigerung sein, die die Eiablage auslöst. Brachten wir im Oktober und April Tiere, die im Laboratorium ohne Beleuchtung Eier ablegten, ins Freiland, so fand dort keine Eiablage statt, weil offensichtlich die Temperaturen zu niedrig waren.

Vor Oktober wurden weder im Freiland kopulierende Tiere gefunden, noch im Laboratorium bei Beleuchtung Tiere zur Eiablage gebracht. Auch Zangheri berichtet erst von einer zweiten Kopulation und Eiablage der Jungtiere im Oktober. Die Tiere brauchen eine lange Zeit des Reifungsfraßes und können frühestens nach einem Vierteljahr geschlechtsreif werden.

Um die Wärmeverhältnisse des entscheidenden Monats Oktober prüfen zu können, geben wir zum Vergleich die Temperaturen für Mai (als Beginn der Eiablagezeit im Frühjahr) und Oktober der drei Beobachtungsjahre und das 50jährige Mittel (Tab. 10) wieder.

Tabelle 10

Temperaturen der Monate Mai und Oktober von 1953 bis 1955

Oktober	1953	1954	1955	50jähr. Mittel
Höchste Temperatur	23,6	21,0	18,0	
Mittlere Temperatur	10,1	10,7	8,4	8,6
Mai	**1953**	**1954**	**1955**	**50jähr. Mittel**
Höchste Temperatur	30,4	26,0	24,0	
Mittlere Temperatur	13,3	12,4	10,3	12,9

Im allgemeinen lagen die Durchschnittstemperaturen im Mai wesentlich höher als im Oktober. Nur der Wert von Mai 1955 entsprach in etwa demjenigen vom Oktober der beiden Vorjahre. Da aber die Zuwanderung im Frühjahr 1955 nur sehr zögernd und bis Ende Mai erfolgte und die Eiablage erst dann einsetzte, können wir annehmen, daß die Maitemperatur 1955 für das Einsetzen der Eiablage zu niedrig war, und diese, wie Andersen angab,

mindestens etwa 12° C im Tagesmittel betragen müssen. Dies ist in keinem der Beobachtungsjahre im Oktober verwirklicht, und dürfte auch, betrachtet man das 50jährige Mittel, äußerst selten eintreten.

Im hiesigen Klimagebiet und wahrscheinlich auch in Süddeutschland kann infolgedessen im allgemeinen, auch wenn die Tiere durch geeignete Nahrung im Herbst noch geschlechtsreif geworden sind, eine zweite Generation nicht mehr auftreten. Wenn Tischler (45) und Schnell (40) aber in Schleswig-Holstein überwinternde Larven auf Klee und Luzerne fanden, so kann es sich hier nur um sehr extreme Ausnahmefälle handeln. Die Tiere müssen, auf späten Erbsen oder Ackerbohnen geschlechtsreif geworden, nach deren Ernte auf Klee und Luzerne abgewandert sein und dort genügend hohe Temperaturen zur Auslösung der Eiablage erlebt haben. Eine allgemeine Bedeutung für die Gradation können diese Ausnahmefälle aber unseres Erachtens nicht erlangen, da 1. durch die Art der Nahrung die Fertilität bedeutend vermindert wird, und 2. die Temperatur auch in extremen warmen Jahren höchstens im Oktober noch ausreichend zur Eiablage ist, diese aber spätestens ab November aussetzt. Es kann sich daher nur um wenige Tiere handeln, die auf diese Weise zur Entwicklung kommen können. Anders liegen die Verhältnisse dagegen in Italien, da dort 1. geeignete Nahrungspflanzen bis in den Winter hinein angebaut werden, und 2. die Temperaturen im Herbst höher liegen. Nach erfolgter Geschlechtsreife kann die Eiablage einsetzen und eine für die Gradation entscheidende zweite Generation zur Entwicklung kommen.

Das Hauptziel unserer Arbeit war, die Kenntnisse über den Massenwechsel von *Sitona lineatus* und seine Ursachen mit Hilfe von Freilandbeobachtungen und sinnesphysiologischen Untersuchungen zu ergänzen. Im folgenden soll es unsere Aufgabe sein, die Beziehung der einzelnen Beobachtungen und Versuchsergebnisse zur Dynamik der Gradation zu erörtern.

In einer umfassenden Studie über *Sitona lineatus* beschäftigte sich Andersen in den 30er Jahren unter anderem mit der Analyse des Massenwechsels und seiner Ursachen. Er sieht in den Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen während der Haupteiablage- und Entwicklungszeit, in unserem Gebiet also im Mai und Juni, die wichtigsten gradationsbegrenzenden Faktoren. Wenn diese Monate genügend warm und feucht seien, so wäre mit starkem Auftreten des Käfers im nächsten Jahr zu rechnen. Die Sterblichkeit während des Winters erwähnte er zwar, maß ihr aber keine große Bedeutung zu, da er ausdrücklich betonte, daß mit der Anzahl an Tieren im nächsten Jahre zu rechnen sei, die im Vorjahr zur Entwicklung gekommen waren (4).

Andersen stützt seine Auffassung auf die Abhängigkeit der Befallsstärke von *Sitona lineatus* auf Erbsen, Ackerbohnen und Wicken von der Witterung in den Jahren 1919–1930. Allerdings beurteilt er die Befallsstärke lediglich an Hand der verursachten Schäden, gibt aber keine konkreten Befallszahlen an. Dies macht die von ihm gezogenen Schlüsse anfechtbar, da die Größe des Schadens an jungen Pflanzen nicht unbedingt von der Befallsstärke der Schädlinge abhängig zu sein braucht. Bei frühem Auftreten der Käfer werden die jungen Pflanzen in einem Entwicklungsstadium geschädigt, in dem sie noch nicht in der Lage sind, die abgefressene Blattmasse entsprechend schnell nachzubilden. Hinzu kommt, daß bei trockener Witterung das Wachstum der Erbsen stockt, die Fraßtätigkeit der Käfer aber gefördert wird. In solchen Jahren kann leicht der Eindruck eines besonders hohen Käferbesatzes ent-

stehen. Außerdem betrachtet ANDERSEN das ganze Verbreitungsgebiet von *Sitona lineatus* einheitlich und geht nicht darauf ein, daß in den kritischen Monaten innerhalb dieses Gebietes unterschiedliche Witterung herrscht. Gerade aus diesem Grund erschien uns eine neuerliche Durcharbeitung für das norddeutsche Klimagebiet wünschenswert.

Sitona lineatus besitzt ein sehr großes Vermehrungspotential. Im Laboratorium wurden an einem Weibchen Eizahlen von 1600 und mehr beobachtet (5). Die mittlere Vermehrungsfähigkeit unter natürlichen Bedingungen ist nicht bekannt, hängt aber sehr von der Art der Nahrungspflanzen und der Witterung während der Eiablagezeit ab (4, 5). Auch wenn man annimmt, daß im Freiland normalerweise nur die halbe oder viertel Eizahl erreicht wird, ist die Zeugungskraft von *Sitona lineatus* noch sehr groß, und die Tiere müssen irgendwo auf ihrem Weg vom Ei bis zum geschlechtsreifen Individuum einer weitgehenden Vernichtung ausgesetzt sein. ANDERSEN errechnete einen Vernichtungsquotienten von 99,9 unter Annahme einer absoluten Zeugungskraft von 1600 Eiern. Wenn auch dieser Vernichtungsquotient sehr hoch erscheint und vor allem das Einsetzen einer im Laboratorium unter künstlichen Bedingungen gewonnenen Höchsteizahl sehr anfechtbar ist, so gibt diese Zahl doch ein Bild von der geringen Wahrscheinlichkeit, mit der sich unter normalen Bedingungen aus einem Ei ein geschlechtsreifes Individuum entwickelt. Auch wenn man als Höchsteizahl im Freiland auf Erbsen 600 annimmt, so beträgt der Vernichtungsquotient immer noch 99,7. Daß diese Berechnungen immer nur theoretischen Wert haben, ist selbstverständlich, aber sie geben uns doch einen Anhaltspunkt, in welcher Höhe wir bei der Betrachtung des Massenwechsels eines Schädlings die normale Vernichtung zu suchen haben. Diese Begrenzungsfaktoren können verschiedener, biotischer und abiotischer Natur sein und in verschiedenen Entwicklungsstadien der Tiere eingreifen. Sie zu erkennen und zu analysieren, ist die erste Aufgabe einer Betrachtung des Massenwechsels.

An Hand unserer Beobachtungen wollen wir prüfen, ob die Faktoren, die ANDERSEN für die hohe Vernichtung der Tiere als ausschlaggebend ansieht, die einzigen sind, die die Nachkommenschaft so reduzieren, daß die Population normalerweise auf dem gleichen Stand bleibt.

Vergleichen wir die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse der Eiablagemonate (nach ANDERSEN in Süddeutschland Juni und Juli, in hiesiger Gegend Mai und Juni) in den Beobachtungsjahren 1919–1930 (ANDERSEN) und 1953–55 (Abb. 14) miteinander, so zeigt sich, daß die Temperaturen der Jahre 1953–1955 stets unter denen von 1919–1930 lagen, also nach ANDERSENS Auffassung für eine Vermehrung von *Sitona lineatus* ungünstiger waren als die seiner Beobachtungsjahre. Deutlicher sind die Unterschiede in der Feuchtigkeit aller Jahre. 1954 dürfte mit insgesamt 50 mm Niederschlag während beider Eiablagemonate das trockenste aller Beobachtungsjahre gewesen sein. Trotzdem stieg die Population der Jungtiere auf Erbsen über die der Elterntiere im Frühjahr an (Abb. 11). Selbst ein extrem ungünstiger Sommer kann also eine Vermehrung während der Vegetationsperiode nicht verhindern. In den anderen Jahren lagen die Verhältnisse noch bedeutend günstiger für die neue Generation.

Wenn nun die Vernichtung im Winter geringfügig ist, wie ANDERSEN angibt, und der ausschlaggebende Faktor für die Höhe der Population im folgenden Frühjahr tatsächlich die Vermehrung im Sommer ist, so hätten wir im Frühjahr 1955 mit einer bedeutend größeren Population rechnen müssen

als im Frühjahr 1954. Ein Blick auf die Abb. 12 und 11 läßt erkennen, daß diese Erwartungen nicht erfüllt wurden, sondern daß die Frühjahrspopulation 1955 gegenüber der Sommerpopulation 1954 ganz erheblich reduziert wurde. Diese Vernichtung muß in der Zeit zwischen dem Verlassen und der Wiederbesiedlung der Sommerwirte im folgenden Jahr stattgefunden haben. Die Winterwitterung muß also eine entscheidende Bedeutung für den Gradationsverlauf haben.

Andersen, der den wichtigsten kritischen Faktor in der Witterung während der Eiablagezeit sieht, stützt sich auf Untersuchungen an Eilarven, insbesondere auf die Feststellung, daß diese 1. in ihrer Nahrungssuche vom Zufall abhängig und 2. außerordentlich empfindlich gegen Trockenheit sind. Er folgert daraus: „Es haben nur die Larven Aussicht, ihre Nahrung zu finden, die während einer Regenperiode oder wenigstens im feuchten Boden schlüpfen." Da er als Vorzugstemperatur der Tiere 25° C annahm und beobachtete, daß die Tiere ihre Eier ablegten, wo sie sich gerade befanden, mußte er vermuten, daß die meisten Eier in warmen und trockenen Zeiten einer gefährlichen Austrocknung in hohem Maße ausgesetzt seien. Auch die schlüpfenden Eilarven würden dadurch besonders ungünstige Verhältnisse vorfinden.

Unsere Beobachtungen im Freiland und Laboratorium zeigen dagegen, daß mit einsetzender Eiablage eine Verschiebung des Temperaturvorzugsbereiches von ca. 22° C auf 12–15° C stattfindet. Biologisch gesehen, stellt diese Verschiebung eine Ausweichreaktion der eierlegenden Käfer vor Witterungseinflüssen, welche den Eiern und Larven schädlich sind, dar. Ein deutlicher Einfluß der Witterung in den Eiablagemonaten auf die Vermehrung der Tiere ist natürlich nicht zu leugnen, da auch von den im Boden abgelegten Eiern und den schlüpfenden Eilarven bei trockenem Boden viele zu Grunde gehen müssen. Wenn ein Faktor aber entscheidend an der Dezimierung einer Population beteiligt sein soll, so muß er die Nachkommenschaft wenigstens so weit reduzieren, daß sie der Elterngeneration zahlenmäßig annähernd gleichkommt. Dies ist selbst unter ungünstigsten Witterungsverhältnissen (Frühjahr 1954) während der Eiablagezeit nicht der Fall. Die entscheidenden Faktoren, die das Gleichgewicht zwischen den Ausgangspopulationen in den aufeinanderfolgenden Jahren herstellen, müssen wir demnach an anderer Stelle suchen.

Gehen wir zunächst auf die Bedeutung der biotischen Begrenzungsfaktoren ein: Wenn man berücksichtigt, daß die von uns gefundenen Schlupfwespen erstens nur nach dem extrem warmen und trockenen Frühjahr 1954 in größerer Menge auftraten und zweitens dann erst Ende Juni in die Population eingriffen, als diese schon zurückging, kann man mit einiger Berechtigung annehmen, daß ihnen in hiesiger Gegend keine allzu große Bedeutung im Massenwechsel von *Sitona lineatus* zukommt.

Es ist möglich, daß auch andere Entwicklungsstadien des Käfers durch tierische Parasiten und Feinde gefährdet sind. Wir konnten nichts dergleichen beobachten, und auch in der vorliegenden Literatur sind derartige Angaben nicht gemacht.

Für die Verpilzung der Tiere durch *Beauveria spec.* liegen die Verhältnisse bedeutend anders. Diese erreichte immer dann hohe Werte, wenn die Besiedlungsdichte der Tiere besonders hoch war, z. B. im Sommer 1953 auf einem Luzernefeld oder in den Winterquartieren 1954. Im Winter 1955 war sie dagegen relativ niedrig, da die Besiedlungsdichte gering war. Auch in den Zuchten konnte der Pilz verheerend wirken, wenn die Tiere nasses Futter bekamen. Die Verpilzung erwies sich somit als ausgesprochen dichteabhängi-

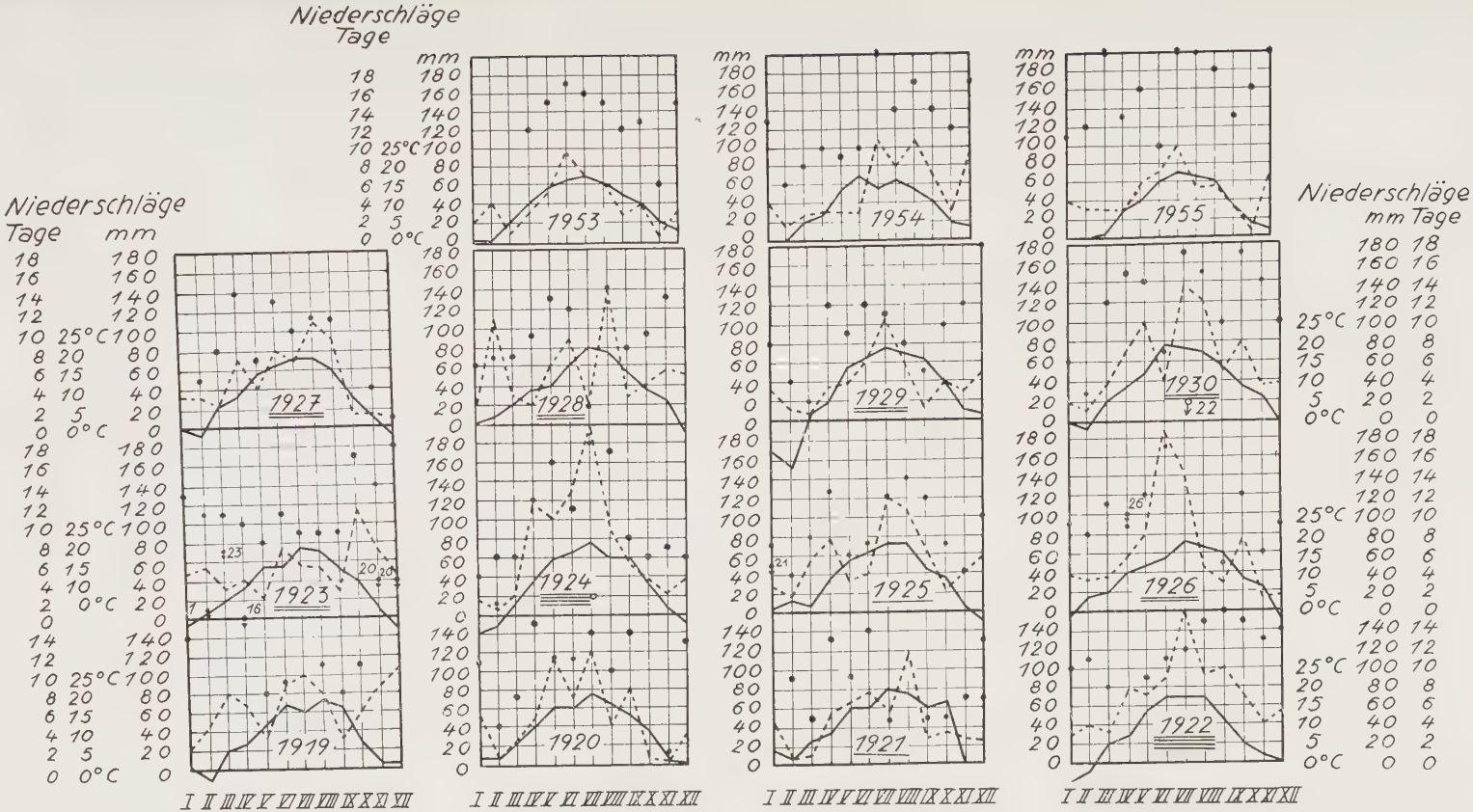

Abb. 14. Witterungsverlauf 1919—1930 (nach Andersen) und 1953—1955

ger Begrenzungsfaktor, der aber nur dann auftrat, wenn die Feuchtigkeit besonders hoch war. Auch JACKSON (19, 20) konnte in ihren Zuchten diesen Pilz beobachten, und GROSSHEIM (14) fand in Rußland teilweise 50% der Tiere nach der Eiablage verpilzt. (Nähere Angaben über Art und Zeitpunkt der Verpilzung wurden nicht gemacht.) ANDERSEN konnte in Süddeutschland diesen Pilz nicht feststellen.

Eine Verpilzung der Larven und Puppen im Boden konnte verschiedentlich beobachtet werden. So berichtet z. B. GROSSHEIM von einem Pilz, den er allerdings nicht näher bezeichnet, der einen geringen Prozentsatz der Larven und Puppen im Boden vernichtet. Gelegentliche Stichproben im Rheiderland ließen eine auffallend hohe Verpilzung der Puppen in feuchtem Boden erkennen. Der Pilz konnte leider nicht näher bestimmt werden[10].

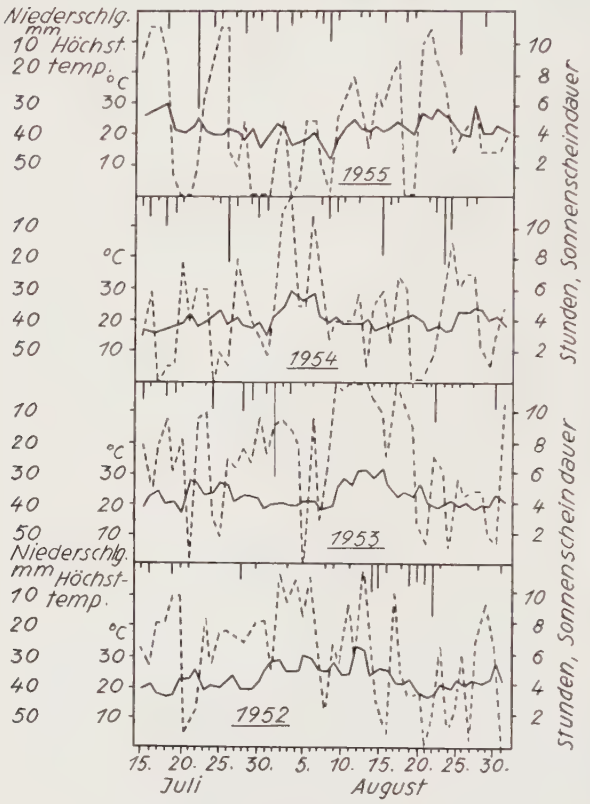

Abb. 15. Witterungsverlauf von Mitte Juli—Ende August 1952—1955

Bevor wir auf die Bedeutung von *Beauveria spec.* für den Massenwechsel von *Sitona lineatus* eingehen, wollen wir kurz die meteorologischen Voraussetzungen für einen Pilzbefall näher besprechen. Nach STEINHAUS (43), der die Daten für *Beauveria globulifera* angibt mit der Bemerkung, daß sie für alle Arten nahezu gleich seien, wird das Pilzwachstum durch nasses, kühles Wetter gefördert, durch nachfolgend warmes dagegen weitgehend vernichtet. Die Sporen ertragen große Temperaturschwankungen ohne Schaden, und für die Keimung ist ein Wasserfilm am günstigsten. Bei weniger als 90%iger Feuchtigkeit greift der Pilz offensichtlich nicht an.

Da der Pilzbefall wie gesagt, einerseits ausgesprochen dichte-, andererseits ausgesprochen feuchtigkeitsabhängig ist, kann er für *Sitona lineatus* in hiesiger Gegend erst im Herbst bei dichter Besiedlung der Winterquartiere erhöhte Bedeutung gewinnen. In diesem Fall kann die Verpilzung während des Winters entscheidend an der Verminderung der Populationsdichte beteiligt sein. Wir müssen daher die Faktoren näher untersuchen, die die Besiedlungsdichte in den Winterquartieren bestimmen.

Je nach den Witterungsbedingungen werden die Winterquartiere durch

[10] Mündliche Mitteilung von Prof. Dr. Fuchs, 1953.

die Luft oder auf dem Boden erreicht. Wenn lange Zeit günstige Flugbedingungen herrschen, können die Tiere sich in größerem Umkreis verteilen als wenn sie sich am Boden bewegen bzw. bei einsetzender ungünstiger Witterung gleich wieder landen müssen. Die Abwanderung in die Winterquartiere erfolgt in unserem Beobachtungsgebiet von Mitte Juli bis Ende August. Über die Witterung während dieser Monate in den Jahren 1952–1955 gibt Abb. 15 Aufschluß.

Die Lufttemperaturen dürften in allen Jahren an nahezu allen Tagen für Flüge günstig gewesen sein. Wir wissen jedoch, daß starke Sonneneinstrahlung für die Flugauslösung wesentlich ist. Im Freiland konnten wir zwar beobachten, daß die Tiere bei Windstille schon nach kurzfristiger Besonnung abflogen, wir nehmen aber an, daß sie bei Verschwinden der Sonne ihre Flüge einstellen und daher bei dauerndem Wechsel von Sonnenschein und diffuser Beleuchtung nicht weit fliegen können. Dieses Verhalten konnte im Freiland zwar nicht beobachtet werden, da die Tiere zu schnell außer Sichtweite flogen, aber die Versuche im Laboratorium bestätigen diese Vermutung in etwa. Wurden Tiere in hoher Umgebungstemperatur (35° C) zum Fliegen gebracht, so flogen sie längere Zeit im Raume umher. Wurden sie aber bei einer Umgebungstemperatur von ca. 20° C durch Wärmeeinstrahlung (Licht oder UR-Strahlen) zum Fliegen angeregt, so flogen sie zwar ab, ließen sich aber kurz darauf, wenn sie aus der Reichweite der Reizquelle kamen, wieder nieder. Da die Tiere für die Abflüge stark wärmeabhängig sind, ist anzunehmen, daß sie auch während des Fluges auf diese Wärmezufuhr angewiesen sind.

Von den meisten Nachtfaltern ist bekannt, daß sie durch Schwirren ihren Körper auf die richtige Flugtemperatur bringen und diese durch die frequenten Zuckungen der Flugmuskulatur auch während des Fluges halten. So traten beim großen Nachtpfauenauge 7,1° C Übertemperaturen während des Fluges auf. Je niedriger die Umgebungstemperatur ist, in der sie starten, desto länger dauert das Schwirren vorher und umgekehrt (11). Krüger (23) dagegen konnte an *Maniola pronoe*, einem Tagfalter, feststellen, daß dieses Tier auch während des Fluges seine Körpertemperatur durch die Sonnenwärme erhöht. Es ist durchaus denkbar, daß sich Tag- und Nachtflieger in diesem Punkt grundsätzlich voneinander unterscheiden, daß also Tiere, welche beim Abflug auf Wärmezufuhr von außen angewiesen sind, diese auch während des Fluges brauchen, während Tiere, die ihre Körpertemperatur durch erhöhte Muskeltätigkeit regulieren können, auch während des Fluges von Außentemperaturen unabhängig sind. Zu der ersten Gruppe wäre *Sitona lineatus* zu zählen.

Für Flüge auf weitere Entfernung wäre dann länger andauernde günstige Witterung erforderlich, also beständiges Wetter. Dieses ist durchschnittlich gegeben bei einer täglichen Sonnenscheindauer von 9–10 Stunden. Während solcher Witterungsperioden herrscht auch häufig Windstille.

Vergleichen wir die Anzahl der Tage mit einer Sonnenscheindauer von mindestens 9 Stunden in den einzelnen Jahren, so stellen wir für Juli/August 1954 die geringste Anzahl fest, nämlich nur 4 Tage gegenüber 18 Tagen 1953 und 10 Tagen 1952 und 1955. Nach unseren Ausführungen hätten wir also für das Jahr 1954 in geringer Entfernung vom ehemaligen Erbsenfeld eine hohe Besiedlungsdichte, in den anderen Jahren dagegen eine gleichmäßige Verteilung über weitere Entfernung zu erwarten. Für die Jahre 1954 und 1955 finden wir unsere Erwartungen durchaus erfüllt. In den Sommern 1952 und 1953 wurden keine systematischen Auszählungen durchgeführt. Wir müssen uns daher auf die Feststellung beschränken, daß 1953 in der nächsten Umgebung von Erbsenschlägen kaum überwinternde Tiere gefunden wurden.

Auf Grund der vorstehenden Darlegungen kommen wir zu der Annahme, daß die Stärke der Verpilzung von *Sitona lineatus* in den Winterquartieren

über die Besiedlungsdichte mittelbar von den Flugbedingungen im Juli/August abhängt, weil sich die Tiere zur Überwinterung über einen größeren Raum verteilen; sind die Flugbedingungen jedoch ungünstig, überwintern die Tiere in hoher Dichte in der Nähe der Fraßpflanzen, die Verpilzung steigt und vernichtet nach unseren Beobachtungen über 80 % der Tiere. Eine solche Reduktion wirkt sich sicher auf die Populationsdichte im Folgejahr aus. Zur Vermeidung einer Gradation müssen daneben wahrscheinlich andere Begrenzungsfaktoren wirksam sein.

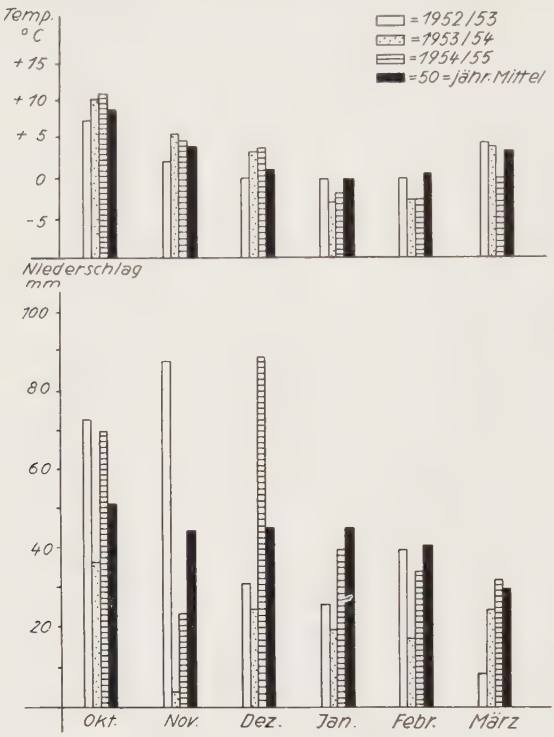

Abb. 16. Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse für die Winter der Beobachtungsjahre im Vergleich zum 50jährigen Mittel

Der Pilzbefall wird im allgemeinen durch hohe Feuchtigkeit bei mäßigen Temperaturen gefördert. Er wird sich im Herbst um so länger ausbreiten und auswirken können, je milder und feuchter die Wintermonate sind. In diesem Sinne tragen unsere Beobachtungen über den Pilzbefall im Winterquartier zur Erklärung der bereits von ANDERSEN (4) erwähnten Tatsache bei, daß milde regenreiche Winter die Käferzahl merklich reduzieren können. Er führt dies auf die um 0° C schwankenden Temperaturen zurück.

Überprüfen wir den Witterungsverlauf während der Wintermonate unter diesem Gesichtspunkt, ergibt sich folgendes:

Es bestehen zwar Unterschiede in den Mitteltemperaturen der Wintermonate innerhalb der Beobachtungsjahre, jedoch dürften diese weniger Bedeutung für die Überwinterung von *Sitona lineatus* haben als die ausgeprägten Feuchtigkeitsunterschiede. Es entspricht unseren Erwartungen, daß der Blattrandkäferbesatz im Frühjahr 1953 nach einem ausgesprochen regenreichen Herbst sehr gering war. Der Winter 1953/54 ist durch unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen in allen Wintermonaten ausgezeichnet (Abb. 16).

Dem entspricht das starke Auftreten des Blattrandkäfers im Frühjahr 1954. Der Herbst 1954 war durch sehr hohe Niederschläge im Oktober und Dezember ausgezeichnet, der dazwischenliegende November war allerdings verhältnismäßig trocken. Die beiden ausgeprägten Feuchtigkeitsperioden scheinen aber zu einer kräftigen Reduktion des Käfers um so eher ausgereicht zu haben, als im vorausgehenden Sommer ungünstige Flugbedingun-

gen geherrscht hatten. Jedenfalls trat der Blattrandkäfer im Frühjahr 1955 nur in geringer Stärke in Erscheinung.

Zwar reichen unsere Unterlagen nicht aus, um die Verpilzung der überwinternden Käfer als einzige gradationsbegrenzende Wirkung herauszustellen; sie erlauben aber die Folgerung, daß der Witterungsverlauf während der Wintermonate mittelbar oder unmittelbar einen entscheidenden Einfluß auf die Populationsdichte von *Sitona lineatus* im folgenden Frühjahr ausübt und für den Gradationsverlauf eine größere Bedeutung besitzen kann als die Witterung während der Eiablageperiode.

Neben den Flugbedingungen bei der Wanderung in die Winterquartiere und der Witterung im Herbst und Winter kann auch der Witterungsverlauf während des Aufsuchens der Brutpflanzen eine wesentliche Rolle spielen. Vielleicht sind die meteorologischen Bedingungen in dieser Periode weniger für die Populationsdichte auf den Fraßpflanzen im Frühjahr verantwortlich, als für den Zeitpunkt und den Verlauf der Zuwanderung, und damit im Zusammenhang mit dem Entwicklungszustand der Fraßpflanzen für das Ausmaß des praktisch feststellbaren Schadens. Eine nennenswerte Zuwanderung auf dem Boden konnten wir nicht feststellen. Falls sie stattfindet, kann sie unseres Erachtens nur in seltenen Fällen größere Bedeutung gewinnen, nämlich dann, wenn der Weg vom Winterquartier zur Fraßstelle sehr gering ist. In allen anderen Fällen dürfte sie nicht ins Gewicht fallen. Da nach unseren Ergebnissen eine Orientierung von *Sitona lineatus* durch Geruchs- und Farbensinn nicht in Frage kommt und das Auffinden der Brutpflanzen dem Zufall überlassen bleibt, besteht nur eine geringe Wahrscheinlichkeit, daß die auf dem Boden wandernden Tiere eine Brutmöglichkeit erreichen. Hinzu kommt, daß die Tiere auf einer längeren Wanderung dem Zugriff von Räubern in besonderem Maße ausgesetzt sein dürften.

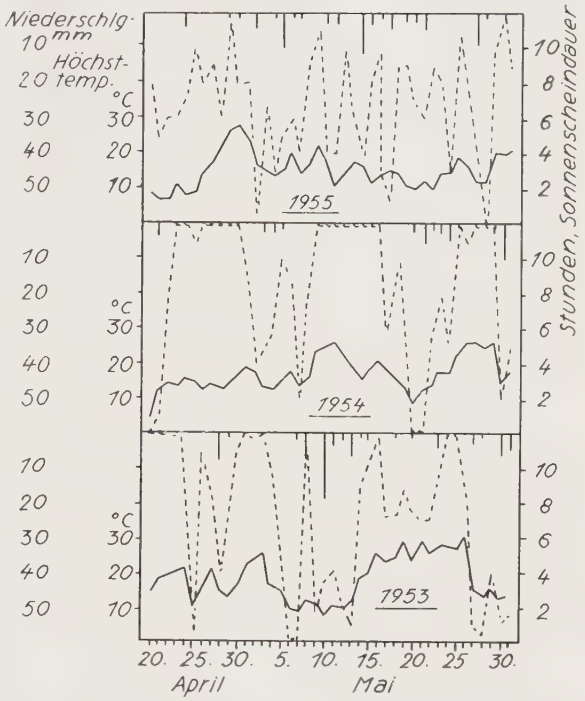

Abb. 17. Witterungsverlauf von April—Ende Mai 1953—1955

Wir beschränken daher unsere Betrachtungen auf die für den Flug entscheidenden Bedingungen. Da auch die fliegenden Tiere offensichtlich keine weitreichende Orientierungsmöglichkeit besitzen und daher häufig auf Pflanzen zwischenlanden, welche ihnen keine Ernährungsgrundlage geben, und daher bald wieder verlassen müssen, ist auch für die Frühjahrswanderung

ein Anhalten günstiger Flugbedingungen von entscheidender Bedeutung. Bei nur kurz andauerndem Flugwetter haben die Tiere wohl die Möglichkeit des Abfluges, aber sie können nicht umherschwärmen. Sie verlieren dadurch u. U. die Nährpflanzen, ohne etwas Gleichwertiges zu finden. Ein anderer Teil der Tiere ist gezwungen, im Winterquartier zu bleiben und dort mit der Eiablage zu beginnen. Wegen der geringen Eizahl und der erschwerten Entwicklungsmöglichkeiten der Larven auf Klee und Luzerne hinterläßt dieser Prozentsatz an Tieren keine große Nachkommenschaft. Ungünstiges Flugwetter wirkt daher auch dann gradationsbegrenzend.

Bei der Auswertung der Hochschalenfänge im Frühjahr 1954 auf Grund des Witterungsverlaufes in diesem Jahr (Abb. 13 u. Abb. 17) erkennen wir, daß über den Brutpflanzen fliegende Tiere nur gefunden werden, wenn die Lufttemperaturen maximal 15°C und die Sonnenscheindauer mindestens 9 Stunden täglich betrug. Diese Werte können wir auch für die übrigen Jahre als Voraussetzung für Flüge annehmen. Prüfen wir nun die tatsächlichen Verhältnisse für die Jahre 1953–1955 (Abb. 17).

In der Zeit von Mitte April bis Ende Mai wiesen das Jahr 1953 18, 1954 23 und 1955 dagegen nur 8 Tage eine für Befallsflüge günstige Witterung auf. Beim Vergleich zeigen unsere Ermittlungen über den Käferbesatz auf den Versuchsparzellen im Frühjahr (Abb. 10–12), daß entsprechend der Zahl der „Flugtage" im Jahre 1954 eine besonders hohe Käferzahl zu einem frühen Zeitpunkt gefunden wurde, während in den Jahren 1953 und 1955 der höchste Käferbestand erst Ende Mai erreicht wurde und im ganzen geringer blieb als im Vorjahr.

Eine ähnliche Abhängigkeit von der Witterung beobachtete Nolte (42) für die Besiedlung der Rapsschläge durch den Rapserdfloh im Herbst. Auch hier hing der Befallsverlauf und besonders die Befallsdichte mit der Häufung warmer Tage zusammen.

Aus unseren Beobachtungen ergibt sich, daß in Südhannover der Massenwechsel von *Sitona lineatus* in erster Linie durch den Witterungsverlauf während der Frühjahrs-, Spätsommer- und Herbstmonate bestimmt ist und während der beiden erstgenannten Perioden vor allem durch die Steuerung des Verhaltens der Käfer wirksam wird. Die bereits früher erörterten biotischen Begrenzungsfaktoren fallen mit Ausnahme der witterungsgesteuerten Verpilzung in den Winterquartieren weniger ins Gewicht.

Abschließend sei das Auftreten von *Sitona lineatus* in den Jahren 1953 bis 1955 noch einmal kurz charakterisiert:

1953 relativ geringer Frühjahrsbesatz nach einem überdurchschnittlich feuchten Winter. Flugbedingungen im Juli/August 1952 und Frühjahr 1953 gut.

1954 früher starker Frühjahrsbesatz nach einem sehr trockenen Winter und sehr guten Flugbedingungen im Juli/August 1953 und Frühjahr 1954.

1955 später, geringer Frühjahrsbesatz nach einem sehr feuchten Winter und ungünstigen Flugbedingungen im Juli/August 1954 und Frühjahr 1955.

In unserem Beobachtungsgebiet sind also maßgebende Begrenzungsfaktoren der Massenvermehrung von *Sitona lineatus:*

1. Flugungünstige Witterung Mitte Juli bis Ende August, da sie über die Besiedlungsdichte die Höhe der Verpilzung in den Winterquartieren beeinflußt.
2. Zu feuchte Winter.
3. Flugungünstige Witterung im Frühjahr, da der Befall der Brutpflanzen verzögert bzw. beeinträchtigt wird.

Diese drei Begrenzungsfaktoren wirken alle nur mittelbar über das Verhalten der Tiere auf den Massenwechsel.

Im südhannoverschen Gebiet wäre also in solchen Jahren mit einem hohen Frühjahrsbesatz und damit einer starken Schädigung der jungen Pflanzen zu rechnen, denen ein sonniger Juli/August, ein trockener Winter und ein sonniger April/Mai voranging. Wieweit diese Prognose für andere Klimagebiete zutrifft, müßte noch näher untersucht werden. Insbesondere wäre für die Erbsenanbaugebiete Nordwest-Deutschlands und Hollands eine solche Untersuchung von Interesse. In diesem Gebiet begünstigt der milde und im allgemeinen feuchtere Winter die Vernichtung der Blattrandkäfer in den Winterquartieren. Andererseits könnte die verhältnismäßig kühl-feuchte Witterung während der Eiablagezeit die Entwicklung der Larven begünstigen. Letzteres würde wiederum zu einer Erhöhung der Besatzdichte an Larven und Puppen im Boden führen und der Verpilzung bei feuchtem Boden schon vor dem Schlüpfen der Jungtiere einen Angriffspunkt bieten. Eine gelegentliche Stichprobe im Rheiderland, bei der zahlreiche verpilzte Puppen gefunden wurden, unterstützt diese Vermutung. Wir dürfen daher vermuten, daß auch in diesem Gebiet die Voraussetzungen für den Massenwechsel von *Sitona lineatus* anders liegen, als es ANDERSEN annahm. Aus wirtschaftlichen Erwägungen heraus wäre eine nähere Untersuchung dieser Verhältnisse sicherlich von Interesse.

Hierbei wäre der Abhängigkeit des Massenwechsels von dem Verhalten der Tiere gegenüber Umweltfaktoren, welche nicht unmittelbar die Vermehrung fördern oder begrenzen, besondere Aufmerksamkeit zu schenken; denn die vorliegenden Untersuchungen zeigen, in welch starkem Ausmaß das Verhalten der Tiere mittelbar den Effekt von Begrenzungsfaktoren abwandeln kann. Sie sollen damit einen Beitrag liefern zu einem Problem, dessen Bearbeitung für pflanzenschutzlich-gradologische Betrachtungen erst in den letzten Jahren in zunehmendem Maße beachtet wird.

E. Zusammenfassung der Ergebnisse

1. In der Temperaturabhängigkeit von *Sitona lineatus* findet im Laufe der Entwicklung eine Umstimmung statt. Nach begonnener Eiablage verschiebt sich der Vorzugsbereich von ca. 22° C auf ca. 12° C.

2. Ein Vorzugsbereich einer bestimmten Lichtintensität konnte nicht festgestellt werden. Auf Horizontalbeleuchtung reagieren die Tiere im allgemeinen positiv.

3. Die Reaktionen von *Sitona lineatus* auf verschiedene Feuchtigkeiten waren abhängig vom Ernährungszustand bzw. vom inneren Feuchtigkeitsgehalt der Tiere. Gefütterte Tiere suchten eine trockene Umgebung auf, hungernde Tiere reagieren positiv auf hohe Feuchtigkeit. Der Feuchtigkeitsgehalt verschiedener Fraßpflanzen erwies sich dabei als unterschiedlich.

4. Flüge wurden im Freiland beobachtet bei Lufttemperaturen ab ca. 18° C, einer Lichtintensität von mindestens 30000 Lux und einer Windstärke von höchstens 0,6 m/sec. Hohe Lufttemperaturen konnten den hemmenden Einfluß hoher Windgeschwindigkeiten oder niedriger Lichtintensitäten reduzieren.

Im Laboratorium erwies sich eine Umgebungstemperatur oder Einstrahlungstemperatur von 32–35° C flugauslösend.

5. Über das Vorhandensein eines Farbensinnes bei *Sitona lineatus* kann kein abschließendes Urteil abgegeben werden.

6. Ein Geruchssinn konnte für *Sitona lineatus* nicht nachgewiesen werden.

7. Als Nährpflanzen wurden Erbsen deutlich vor Ackerbohnen und Wicken, und diese wiederum vor Rotklee, Luzerne und *Phaseolus vulg.* bevorzugt.

8. Bei günstiger Witterung waren Erbsen, Ackerbohnen und Wicken gleich gut als Brutpflanzen geeignet. Bei ungünstiger Witterung wirkte sich das unterschiedliche Verhalten der Tiere auf den genannten Pflanzenarten aus. Die höchste Vermehrung fand dann auf Wicken statt. Rotklee und Luzerne waren sehr wenig als Brutpflanzen geeignet, da die Fertilität der Tiere auf diesen Pflanzen herabgesetzt wurde und außerdem die Entwicklungszeit wesentlich verlängert war.

9. Die Besiedlung der Sommerwirte im Frühjahr erfolgte fliegend. Die Winterquartiere wurden, abhängig von der Witterung, im Fluge oder im „Fußmarsch" aufgesucht.

10. Der Zeitpunkt der Geschlechtsreife war abhängig von der Art der Ernährung. Nach Ackerbohnen- oder Erbsenfutter können die Tiere auch im Freiland bereits im Oktober geschlechtsreif werden. Im Laboratorium spielt die Tageslänge ebenfalls eine Rolle. Das Einsetzen der Eiablage hängt von der Temperatur ab. Grundsätzlich sind zwei Generationen von *Sitona lineatus* im Jahr möglich, können aber im Untersuchungsgebiet wegen zu niedriger Temperaturen im Oktober nicht zur Entwicklung kommen.

11. Als Parasiten wurden die Schlupfwespen *Perilitus spec.* und *Leiophron spec.* und der Pilz *Beauveria spec.*, welcher sich ausgesprochen dichteabhängig erwies, gefunden.

12. Als maßgebende Begrenzungsfaktoren des Massenwechsels von *Sitona lineatus* für das Beobachtungsgebiet Südhannover erwiesen sich:

a. Flugungünstige Witterung von Mitte Juli–Ende August, da sie über die Besiedlungsdichte die Höhe der Verpilzung in den Winterquartieren beeinflußte.
b. Zu feuchte Winter.
c. Flugungünstige Witterung im Frühjahr, da der Befall der Brutpflanzen verzögert bzw. beeinträchtigt wurde.

Herrn Dr. S. Bombosch möchte ich für sein stetes Interesse und die freundliche Unterstützung, die er meiner Arbeit zuteil werden ließ, vielmals danken.

Summary

The preferred temperature range of *Sitona lineatus* is, according to oviposition, from about 22° C to about 12° C. A temperature range for a given light intensity could not be established. The reaction to variations in humidity depends on the nutritional state and moisture content of the insects. In the field, flight depends on temperature and light intensity besides the wind speed. An olfactory sense could not be established and no final opinion can yet be given regarding a colour sense. Peas are definitely favoured as food plants and peas, broad beans and vetches are equally suitable as brood plants. The summer hosts are sought by flying, the winter quarters by flying

or walking. Sexual maturity depends on food, egg laying on temperature. Two generations per year are possible. Various Hymenoptera and a fungus were found as parasites.

Literatur

1. Andersen, K. Th.: Der Einfluß der Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Dauer der Eizeit. I. Beitrag zu einer exakten Biologie des linierten Graurüßlers (*Sitona lineata* L.). Z. Morph. Oek. **17**, 649–676 (1930a).
2. — Der linierte Graurüßler oder Blattrandkäfer (*Sitona lineata* L.). Monograph. z. Pflanzenschutz **6**, (1931), Berlin.
3. — Reizphysiologisches Verhalten der *Sitona lineata*-Larve. Z. vergl. Physiol. **15**, 749 bis 783 (1931).
4. — Analyse des Schadens und Massenwechsels des linierten Blattrandkäfers (*Sitona lineata* L.). Seine Bekämpfung und Abwehr. Landw. Jahrb. **78**, 55–79 (1933).
5. — Der Einfluß der Umweltbedingungen, Temperatur und Ernährung auf die Eierzeugung und Lebensdauer eines Insektes (*Sitona lineata* L.) mit postmetaboler Eientwicklung und langer Legezeit. Z. angew. Ent. **20**, 86–116 (1933).
6. — Kurze Mitteilung über weitere Versuche zur Biologie und Ökologie von *Sitona lineata* L. Verh. dtsch. Ges. angew. Ent. **9** (1934), Berlin.
7. — Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf die Eierzeugung von Insekten. I. von *Sitona lineata* L. Biol. Zentralbl. **54**, 571–590 (1934).
8. — Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Temperatur auf die Eierzeugung von Insekten. (Einfluß inkonstanter Temperaturen bei *Sitona lineata*.) Biol. Zentralbl. **55**, 478–486 (1935).
9. Ankersmit, G. W. u. Nieukerken, H. D.: De Invloed Van Temperatuur en Wind op het Vliegen van de Koolzaadsnuitkever Ceutorrhynchus assimilis Payk. Tijdschr. Plantenziekten, **60**, 230–239 (1954).
10. Bauers, Ch.: Über die Orientierung wirbelloser Tiere zum Licht. Zool. Jahrb. Abt. Zool. u. Phys., **64**, 348–388 (1953).
11. v. Buddenbrock, W.: Vergleichende Physiologie, Bd. II. 2. Auflage (1939), Berlin.
12. — Vergleichende Physiologie, Bd. I, Sinnesphysiologie (1952), Basel.
13. Chun-Teh-Chin: Studies on the Physiological Relations between the Larvae of *Leptinotarsa decemlineata* Say. and some *Solanaceous* Plants. Diss. Amsterdam (1950).
14. Grossheim, N. A.: Materials for the Study of the Genus *Sitona* Germ. Bull. of Mleev horticult. Expt. Stat. U.S.S.R. (1928) (Russisch). Ref. Z. angew. Ent. **19**, 147–151 (1932).
15. — Data for the Study of the Genus Sitona Germ. (In Russian). Bull. Mleev. Hort Expt. Sta. **17** (1928). Ref. Rev. appl. Ent. **17** (1929).
16. — Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Bd. V. Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen. 2. Teil *Coleoptera* (1954), Berlin, Hamburg.
17. Haine, E.: Beobachtungen über das Flugstartverhalten und die Dauer der Flugfähigkeit der Männchen von *Periphyllus aceris acericola*. Anz. f. Schädlingsk. **28**, 67–70 (1955).
18. Herter, K.: Eine verbesserte Temperaturorgel und ihre Anwendung auf Insekten und Säugetiere. Biol. Zentralbl. **54**, 487–507 (1934).
19. Jackson, D. J.: Bionomics of the Weevils of the Genus Sitones, injurious to Leguminos Crops in Britain. Ann. appl Biol. **7**, 269–298 (1920).
20. — Further Observations on *Sitones lineatus*. Ann. appl. Biol. **9**, 69–71 (1922).
21. Johnson, B.:Flight Muscle Autolysis and Reproduction in Aphids. Nature **172**, 813 (1952).
22. Kauth, H. und Madel, W.: Über die Ergebnisse der im Schwarzwald und Hunsrück durchgeführten Freilandversuche zur Anlockung des Großen braunen Fichtenrüßlers, *Hylobius abietis* L. mit Lockstoffen. Z. angew. Ent. **37**, 245–250 (1954).
23. Krüger, P.: Weitere Beiträge über die Faktoren des Wärmehaushaltes der Poikilothermen. Z. Morph. Oek. **22**, 759–773 (1931).
24. Krüger, P. u. Duspiva, F.: Der Einfluß der Sonnenstrahlung auf die Lebensvorgänge der Poikilothermen. Biol. Gener. **9**, 168 II (1933).
25. Lassack, H.: Beitrag zur Kenntnis der Rübenblattwanze *Piesma quadrata*. Diss. Göttingen, 1954.

26. Lees, A. D.: The Significance of the Ligth and Dark Phases in the Photoperiodic Control of Diapause in Metatetranychus ulmi. Ref. Rev. appl. Ent. (1954).
27. Lehmann, H.: Luzerneschädlinge. 1. Rüsselkäfer. Zeitschr. Pflanzenkrankh. **43**, 625 bis 638 (1933).
28 Lehmann, H. u. Klinkowski, M.: Zur Pathologie der Luzerne. I. Die schädlichen Rüsselkäfer. Ent. Beihefte aus Berlin-Dahlem, **9** (1942).
29. Moericke, V.: Über das Farbensehen der Pfirsichblattlaus (*Myzodes persicae* Sulz.). Z. Tierpsych. **7**, 265–274 (1950).
30. Moericke, V.: Farben als Landereize für geflügelte Blattläuse (*Aphidoidea*). Z. Naturforsch. **7 b**, 304–309 (1952).
31 Moericke, V.: Über die Lebensgewohnheiten der geflügelten Blattläuse (*Aphidina*) unter besonderer Berücksichtigung des Verhaltens beim Landen. Z. angew. Ent. **37**, 29–91 (1955).
32. Moller-Racke, I.: Farbensinn und Farbenblindheit bei Insekten. Zool. Jahrb. Abt. Zool. u. Phys. **63**, 237–274 (1951–53).
33. Müller, A.: Über Lichtreaktionen bei Landasseln. Z. vergl. Phys. **3**, 113–144, (1926).
34. Müller, H. J.: Über die Ursachen der unterschiedlichen Resistenz von *Vicia faba* L. gegenüber der Bohnenblattlaus *Doralis fabae* Scop. Der Züchter, **23**, 176–189 (1953).
35. Ostwald, W.. Die Farbenfibel. Leipzig (1922).
36. Rowan: Light and Seasonal Reproduction in Animals. Biol. Rev. **13** (1938).
37. Schäfer, R.: Zur Kenntnis der Anatomie, Physiologie und Ökologie des Brachkäfers *Rhizotrogus aestivus* Oliv. Z. angew. Ent. **35**, 381–424 (1954).
38. Schanz, M.: Der Geruchssinn des Kartoffelkäfers, *Leptinotarsa decemlineata*. Z. vergl. Phys. **35**, 353–379 (1952).
39. Schlegent-Dahl, A.: Beitrag zum Farbensinn der Arthropoden. Z. vergl. Phys. **20**, 545–581 (1934).
40. Schnell, W.: Synökologische Untersuchungen über Rüsselkäfer der Leguminosenkulturen. Z. angew. Ent. **37**, 192–238 (1955).
41. Schrödter, H. u. Scheiding, U.: Die Abhängigkeit der Aktivität des Kohlgallenrüßlers (*Ceutorrhynchus pleurostigma* Marsh) von klimatischen Faktoren. Nachrichtenbl. f. d. dtsch. Pflanzenschutzdienst **7**, 143–148 (1953).
42. Schrödter, H. u. Nolte, H. W.: Die Abhängigkeit der Aktivität des Rapserdflohes (*Psylliodes chrysocephala* L.) von klimatischen Faktoren, insbesondere Licht, Temperatur und Feuchtigkeit. Beitr. Ent. **4**, 1954.
43. Steinhaus, E. A.: Principles of Insectpathology. London 1949.
44. Schwinck, I.: Experimentelle Untersuchungen über Geruchssinn und Strömungswahrnehmung in der Orientierung bei Nachtschmetterlingen. Z. vergl. Phys. **37**, 19–56 (1954).
45. Tischler, W.: Die Überwinterungsverhältnisse der landwirtschaftlichen Schädlinge. Z. angew. Ent. **32**, 184–194 (1951).
46. — Grundzüge der terrestrischen Tierökologie. Braunschweig 1949.
47. Ulashkevich, M. I.: Nodule Weevils of the Species *Sitona lineata* L. and *Sitona crinita* Hbst. (In Ukrainian). Vinnitza reg. agric. Exp. Sta. **23** (1935). Ref. Rev. appl. Ent. 24 (1936).
48. Wigglesworth, V. B.: The Principles of Insectphysiology. London, 1950.
49. Zangheri: Contributo alla conoscenza dell'entomofauna della leguminosi da sense. Boll. dell'Ist. d. Ent. Bologna **18** (1952).
50. Zwölfer, W.: Methoden zur Regulierung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Z. angew. Ent. **19**, 497–513 (1932).

Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Institut für Hackfruchtkrankheiten und Nematodenforschung Münster und Elsdorf und Arbeitsgemeinschaft Vergilbung, Versuchsstelle Worms

Versuche zur inneren Therapie bei Beta-Rüben durch Saatgutbehandlung mit systemischen Präparaten

Von W. Steudel, A. Heiling und E. Hanf

Einleitung

Der Entwicklung innertherapeutischer Präparate auf Phosphorsäureesterbasis im Laufe des vergangenen Jahrzehnts ist es zu verdanken, daß die Möglichkeit zur Verringerung von Virusschäden in bestimmten Kulturen – hauptsächlich Rüben und Kartoffeln – durch Bekämpfung der Vektoren grundsätzlich verbessert werden konnte. Die auf diesem Wege gewonnenen Erkenntnisse haben sich zum Teil auch schon in der Praxis erfolgversprechend ausgewirkt. Bei den Beta-Rüben zeigte sich bereits nach den ersten Versuchen, daß die Applikation der Mittel durch Spritzen auf die Blätter weniger günstig ist als ihre Aufnahme durch die Wurzeln, weil der Transport der Wirkstoffe innerhalb der Pflanze überwiegend im Wasserleitsystem erfolgt und deshalb nachwachsende Blätter der Rübe nur einen sehr geringen Teil des Wirkstoffes aufnehmen können, besonders dann, wenn die Pflanze noch sehr jung ist und das Verhältnis zwischen behandelten und nachwachsenden Blättern sich sehr rasch ändert (4, 7). Wurden dagegen Topfpflanzen mit Wirkstoffemulsionen angegossen und somit eine Aufnahme durch die Wurzeln ermöglicht, dann konnte das Präparat sich viel gleichmäßiger verteilen, und ein Wirkungsabfall von den alten zu den jungen Blättern war nicht nachweisbar. Es kommt hinzu, daß auf diesem Wege den Versuchspflanzen ein viel größeres Depot an Wirkstoff mitgegeben werden kann, was wieder die Dauerwirkung ganz entscheidend beeinflußt.

In den Feldversuchen zur Bekämpfung der Virusvektoren bei Beta-Rüben verfolgten wir die Möglichkeit zur Aufnahme des Wirkstoffs durch die Wurzeln zunächst nicht weiter, weil ein derartiges Verfahren – etwa Angießen des Bodens – uns absolut unwirtschaftlich erschien. Der Gedanke, die Substanz schon dem Saatgut beim Ausdrillen mitzugeben, wurde wohl erörtert, doch war dies erst möglich, als uns die Forschungsabteilung der Farbenfabriken „Bayer" entsprechende Puderpräparate zur Verfügung gestellt hatte, bei denen der Wirkstoff an eine Trägersubstanz (Aktivkohle) gebunden war. Über seine eigenen und die amerikanischen Erfahrungen mit derartigen Mitteln hat kürzlich Unterstenhöfer (5, siehe dort weitere Literatur) berichtet. Die ersten derartigen Versuche wurden von uns im Jahre 1951 in Elsdorf und ab 1954 auch in Münster im Gewächshaus und auf dem Versuchsfeld durchgeführt; sie wurden bis 1956 im kleinen fortgesetzt. Als wir ein einigermaßen übersichtliches Bild über die Möglichkeiten solcher Präparate ge-

wonnen hatten, und größere Versuche biologisch und technisch möglich geworden waren, begannen wir im Jahre 1957 mit dem Ausbau unserer Versuchserfahrungen auf Rübenfeldern der Praxis an drei verschiedenen Versuchsorten (Elsdorf/Rhld., Münster/Westf. und Worms/Rheinhessen-Pfalz).

In dieser ersten Arbeit wollen wir über unsere prinzipiellen Ergebnisse im Hinblick auf die Einsatzmöglichkeiten innertherapeutischer Saatschutzpräparate, ihre Wirkdauer, ihr Wirkungsspektrum, ihren Einfluß auf die Gradation der virusübertragenden Blattläuse und nicht zuletzt über die sich bei ihrem Gebrauch ergebenden Schwierigkeiten berichten. Da wir aber mit Versuchspräparaten und nicht mit fertigen, anerkannten Mitteln arbeiteten, können unsere Ergebnisse erst dann für die Praxis nutzbar gemacht werden, wenn weitere Untersuchungen auf diesem noch ganz neuen Gebiet unsere Versuchserfahrungen bestätigen sollten.

Vorversuche der Jahre 1951—1956

In allen Jahren führten wir im Gewächshaus Keimversuche mit behandeltem und unbehandeltem Saatgut durch. Die auflaufenden Pflanzen wurden in regelmäßigen Abständen in Dahlemer Zuchtschalen eingehend auf ihre aphizide Wirkung bis zu deren Abklingen vergleichend überprüft (Versuchstier: *Myzodes persicae).* Außerdem legten wir auf dem Versuchsfeld mindestens zu 2 verschiedenen Saatterminen Vergleichsversuche an und beobachteten Auflaufen und Frühwachstum der Pflänzchen. Nach Möglichkeit wurden sie auch laufend auf Stärke und Dauer der systemischen Wirkung im Schalentest untersucht, wobei zuerst ganze Pflanzen, später aber Gruppen von Einzelblättern miteinander verglichen wurden. Sorgfältige Studien über Verlauf und Stärke der Blattlausgradation in den Versuchsparzellen ergänzten die genannten Beobachtungen; sie wurden bis zum Zusammenbruch der sommerlichen Population fortgesetzt. Schließlich bestimmten wir noch die Ertragsleistungen der Einzelparzellen.

Plan der Versuchsfeldversuche

Nr.	Jahr	Präparat		Aufwandmenge je 100 g Saatgut	Saatzeit
1	1951	4310		10 g	26. 4.
2	1951	4310		10 g	5. 5.
3	1952	4310		10 g	9. 4.
4	1952	4310		10 g	24. 4.
5	1952	4310		10 g	14. 5.
6	1954	4310	4537	10 g	8. 4.
7	1954	4538	4539	10 g	5. 5.
8	1955	4673	4674	ca. 6–9 %	8. 4.
9	1955	4673	4674	ca. 6–9 %	11. 5.
10	1956	4739	4746	ca. 6–9 %	3. 4.
11	1956	4739	4746	ca. 6–9 %	9. 5.

Die Sollpflanzenzahl je ha betrug bei allen Versuchen einheitlich 80 000 Rüben/ha; Versuchssorte war Kleinwanzlebener E. In den ersten Jahren wurde dem Saatgut eine bestimmte Pudermenge ohne Rücksicht auf die Haftfähigkeit beigemischt; ab 1955 schüttelten wir die Saatgutproben mit größe-

ren Pudermengen längere Zeit durch und stellten durch Rückwiegen des überschüssigen Puders fest, wieviel Präparat ohne besondere Vorsichtsmaßnahmen an dem Saatgut haften blieb. Hierbei ergaben sich für die einzelnen Versuche oft gewisse Unterschiede. Obwohl auch einige Versuche mit gestaffelten Pudermengen ausgedrillt wurden, war es technisch nicht möglich, sämtliche Präparate in dieser Weise systematisch zu vergleichen. Bei diesen Kleinversuchen fanden wir im allgemeinen nach dem Ausdrillen keine wesentlichen nachteiligen Auswirkungen der Präparate im Hinblick auf Auflauf und Entwicklungsgeschwindigkeit der Versuchspflanzen. Einige Ausnahmen seien beschrieben. Im Jahre 1954 liefen die mit 4 Versuchspräparaten behandelten Proben nach Aussaat am 5. Mai später auf als die Kontrollen und waren durch ihre geringere Größe längere Zeit von den Kontrollen zu unterscheiden. Parallelversuche in Münster auf einem Versuchsfeld mit sehr leichtem Sand liefen ebenfalls sehr schlecht auf. Eine im Anschluß erneut im Gewächshaus angesetzte zweite Keimprobe zeigte demgegenüber keinen gesicherten Unterschied zwischen „Behandelt" und Kontrolle. Im Jahre 1956 dagegen zeigten sich an den mit Präparat 4739 (9 %) im Gewächshaus geprüften Proben gewisse Keimverzögerungen und langsamere Frühentwicklung. Die Keimblätter dieser Pflanzen wiesen charakteristische dornförmige Spitzennekrosen auf, über die noch im Zusammenhang mit den Versuchen des Jahres 1957 berichtet wird. An den Feldparzellen des Jahres 1956 wurden diese Erscheinungen nicht beobachtet. Es muß demnach beim Anwenden von systemischen Puderpräparaten unter bestimmten, vorläufig aber noch nicht genauer definierbaren Bedingungen mit gewissen phytotoxischen Eigenschaften gerechnet werden, deren Manifestation aber offensichtlich von Außenfaktoren abhängig ist. Die diesbezüglichen Erfahrungen sollen im Versuchsjahr 1957 diskutiert werden.

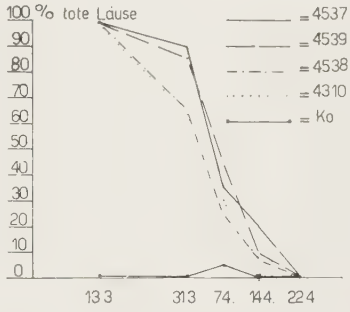

Abb. 1. Die Dauerwirkung der Saatgutbehandlung nach Ergebnissen des Schalentestes, Gewächshaus, *Myzodes persicae*, % Tote nach 48 Stunden, Elsdorf 1954

Da es aus Raumgründen nicht möglich ist, die Ergebnisse aller Gewächshaus- und Feldversuche eingehend darzustellen, beschränken wir uns auf eine Diskussion der grundsätzlich wichtigen Resultate an Hand ausgewählter Beispiele aus den einzelnen Versuchsjahren.

Abb. 1 zeigt zunächst die aphizide Wirkung der Saatgutbehandlung an einem Pikierkastenversuch des Jahres 1954. Den im März ausgelegten Proben wurden in regelmäßigen Abständen Pflanzen entnommen und in 5–10-facher Wiederholung je Termin und Versuchsglied im Schalentest auf ihre Wirkung gegen *Myzodes persicae* geprüft. Die Erfolgskontrolle fand jeweils 48 Stunden nach Ansetzen der Versuche statt. Den Kurven ist zu entnehmen, daß 14 Tage nach dem Keimen noch eine starke Wirkung zu verzeichnen war, die aber mit fortschreitendem Pflanzenwachstum rasch nachließ und etwa 5 Wochen später praktisch abgeklungen war, wie die mit eingezeichneten Werte der unbehandelten Kontrolle zeigen. Gleichsinnige Versuche anderer Jahre brachten ähnliche Ergebnisse. Die Dauerwirkung im Gewächshaus war manchmal auch länger; da sie jedoch, wie auch Unterstenhöfer

betont, weitgehend von der Wachstumsschnelligkeit der Versuchspflanzen abhängt, welche wiederum von Außenfaktoren beeinflußt wird, soll auf eine vergleichende Betrachtung der einzelnen Präparate verzichtet werden. Prinzipiell konnten wir aber bei allen Präparaten im Gewächshaus einen innertherapeutischen Effekt nachweisen, der mindestens 5 Wochen anhielt.

Als Beispiele für die gleichsinnigen Untersuchungen an Pflanzen auf den Feldparzellen seien die Versuche der Jahre 1954 und 1956 dargestellt (Abb. 2 und 3). Wie schon erwähnt, prüften wir auch hier zunächst ganze

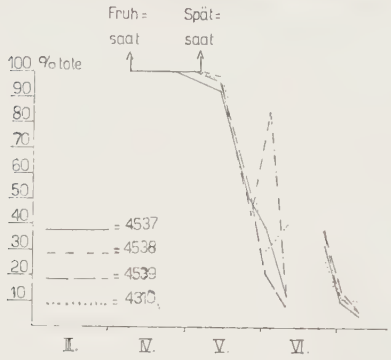

Abb. 2. Die Dauerwirkung der Saatgutbehandlung nach Ergebnissen des Schalentestes, Versuchsfeld, *Myzodes persicae*, % Tote nach 48 Stunden, Elsdorf 1954

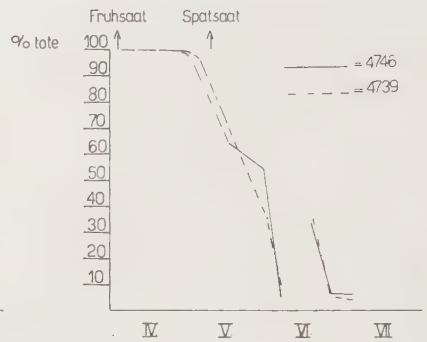

Abb. 3. Erklärung wie Abb. 2; Elsdorf 1956

Pflänzchen und später erst eine bestimmte Auswahl von Einzelblättern der Rüben. Die Kurven wurden nach den errechneten Mittelwerten gezeichnet. In beiden Jahren erfolgte die Untersuchung der Frühsaaten durchgehend bis zum Abklingen des innertherapeutischen Effekts. Auf die Wiedergabe der Kontrollen sei wegen geringer Sterblichkeit verzichtet. Die Spätsaaten dagegen konnten erst nach Abschluß der Frühsaatversuche in Angriff genommen werden, weil für derartig zahlreiche Schalen (je Termin und Versuchsglied 10 Schalen mit 10 *M.p.*) nicht genügend Platz verfügbar war. Die Ergebnisse glichen grundsätzlich den in Gewächshausversuchen erzielten Befunden, doch zeigen die Abbildungen, daß – wahrscheinlich wegen des langsameren Pflanzenwachstums infolge der im Vergleich zum Gewächshaus viel niedrigeren Außentemperaturen im Frühjahr – die Wirkung im Freiland langsamer abklang als im Gewächshaus. Bis weit in den Mai hinein (= 4–6 Wochen nach der Aussaat) verzeichneten wir im Schalentest gegen *M.p.* noch einen fast vollständigen Erfolg. Dann allerdings ließ er sehr rasch nach und war in der ersten Junidekade praktisch abgeklungen. Die unvollständigen Kurven der Spätsaaten lassen einen fast parallelen Wirkungsverlauf vermuten; auch bei ihnen war spätestens um die Wende der Monate Juni/Juli nach 48 Stunden kein innertherapeutischer Effekt mehr nachzuweisen. Im Gegensatz zum Gewächshaus waren die Freilandpflanzen bei gleicher Saatgutbehandlung bis zu 2,5 Monate systemisch wirksam, wobei es keineswegs als sicher gelten muß, ob die beschriebene Methode des Schalentestes das volle Ausmaß des innertherapeutischen Prinzips erfaßt hat.

Diese Ergebnise sind sehr wichtig, weil sich die Möglichkeit abzeichnet, auf diesem Wege gerade der jungen Pflanze einen sicher wirkenden und

lang anhaltenden Schutz gegen koloniebildende Parasiten mitzugeben, wie er durch Spritzen mit Präparaten auf ähnlicher Basis bei der Rübe aus pflanzenphysiologischen Gründen nicht möglich sein wird (4).

Der Einfluß der Saatgutbehandlung auf den Verlauf der Blattlausgradation bei Rüben

Wie schon einleitend erwähnt, wurden Verlauf und Stärke der sommerlichen Blattlausgradation in allen Versuchsjahren – außer 1952 – eingehend verfolgt. Im Jahre 1952 waren entsprechende Arbeiten zwar geplant, aber infolge zahlreicher anderer Versuche nicht zu bewältigen. Abb. 4 zeigt zunächst die Ergebnisse des Jahres 1951 mit dem Präparat 4310; sie seien deswegen herausgestellt, weil dies u. W. die ersten Resultate sind, welche in dieser Hinsicht an Rüben gewonnen wurden. Obwohl ein merklicher Anstieg der Population erst um Mitte Juni einsetzte, zu einer Zeit, in der nach den Ergebnissen der Zuchtschalenversuche die Wirkung auf *M.p.* schon stark nachgelassen hat, unterscheiden sich die Kurven von „Kontrolle" und „Behandelt" deutlich. Besonders im Juli waren die Gesamtzahlen beider Blattlausarten im Vergleich zu den Kontrollen niedriger.

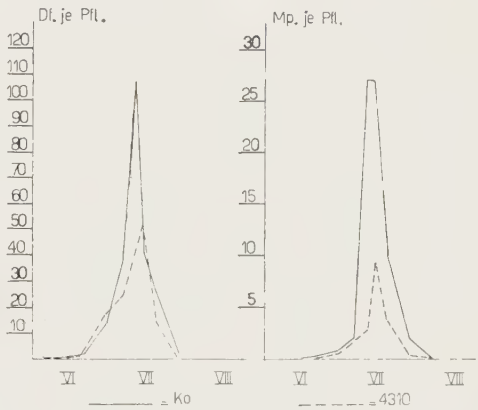

Abb. 4. Verlauf der Blattlausgradation; Versuchsfeld Elsdorf 1951. Saatzeit 26. 4.

Als durchschnittliche Maxima je Rübe ergaben sich für

D.f.: in der Kontrolle 107, bei gepudert 52 Individuen,
M.p.: in der Kontrolle 27, bei gepudert 9 Individuen.

Die Ergebnisse der anderen Jahre sind ähnlich; als Beispiele zeigen Abb. 5 und 6 die Befallskurven von *D.f.* für Früh- und Spätsaat aus dem Jahre 1954, welche infolge der Vielzahl geprüfter Präparate besonders überzeugend sind. Wie schon aus der Zeit des Kurvenverlaufs hervorgeht, war 1954 ein Jahr mit frühem und starkem Blattlausflug und dementsprechend zeitigem Beginn des Befalls an den Rüben, während die sommerlichen Bedingungen wegen heftiger und andauernder Regenfälle weniger günstig waren. Infolgedessen fanden wir die meisten Blattläuse und den größten Unterschied zwischen „Kontrolle" und „Behandelt" bei der Frühsaat; bei den Spätsaaten war der Unterschied noch bis Ende Juni bei geringer Blattlauszahl gut zu erkennen, nahm dann im Verlauf des Juli stark ab. In Münster wurden gleichsinnige Ergebnisse erzielt. In einem Versuch mit variierter Pudermenge hielt die Wirkung der stärkeren Gabe noch bis in den Juli hinein deutlich an.

Die ungünstigsten Resultate erhielten wir im Jahre 1955, als der Frühflug äußerst schwach war, ein merkbarer Anstieg der Population auf un-

Tabelle 1

Versuchsfeld Münster, Feldversuch Hövel
Gesamtzahl von *D. f.* und *M. p.* im Feldversuch mit gestaffelter Pudermenge je kg Saatgut

Tag	*D. f.* Kontrolle	*D. f.* 30—50 g Puder	*D. f.* 100 g Puder	*M. p.* Kontrolle	*M. p.* 30—50 g Puder	*M. p.* 100 g Puder
7. 7.	19,34	24,00	7,70	1,94	2,84	0,60
22. 7.	60,36	32,31	12,70	22,36	20,51	5,80

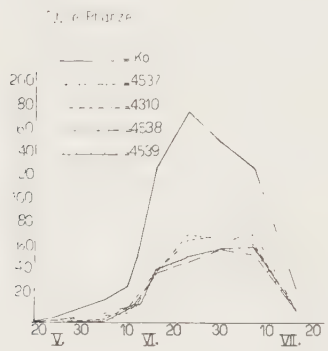

Abb. 5. Verlauf der Blattlausgradation; Versuchsfeld Elsdorf 1954. Saatzeit 8. 4.

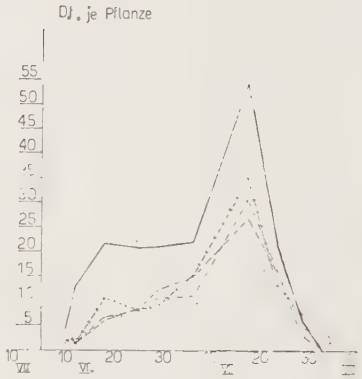

Abb. 6. Verlauf der Blattlausgradation; Versuchsfeld Elsdorf 1954. Saatzeit 5. 5.

serem Versuchsfeld in Elsdorf erst in der 3. Junidekade einsetzte und die Höhe der Gesamtverlausung weitgehend vom Flug im Juli abhing. Unter derartigen Bedingungen war ein Unterschied zwischen den Versuchsgliedern kaum noch zu verzeichnen, wie Abb. 7 für die Spätsaat dieses Jahres ausweist. Das Jahr 1956 unterschied sich nur wenig von den Verhältnissen der Jahre 1954 und 1951; auf eine graphische Darstellung sei daher verzichtet.

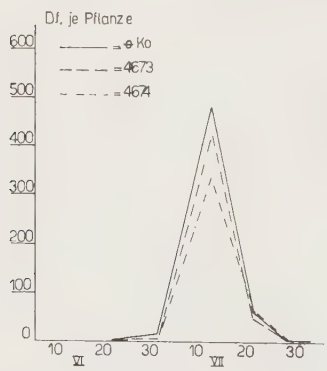

Abb. 7. Verlauf der Blattlausgradation; Versuchsfeld Elsdorf 1955. Saatzeit 11. 5.

Auch die Zusammensetzung der Population wurde durch die Präparate verändert. Während insbesondere zur Zeit starker Flüge die Zahl der an den Pflanzen beobachteten Geflügelten nicht oder nur unwesentlich differierte, waren an den Pudersaaten Nymphen beider Arten im Durchschnitt spärlicher vertreten oder wurden doch später beobachtet. Auch hier schnitten in gestaffelten Versuchen die höheren Gaben besser ab. Wenngleich die Differenzen nicht so deutlich waren, wie in Spritzversuchen (4), so ergaben sich doch diesen gegenüber keine prinzipiellen Unterschiede, und eine eingehende Diskussion der Befunde scheint nicht erforderlich.

Wie in den erwähnten Spritzversuchen wurde auch der Vermehrungsindex für beide Blattlausarten in den Versuchsgliedern berechnet, indem die Gesamtzahl der gefundenen geflügelten und ungeflügelten Virgines dem übrigen Populationsanteil (Nymphen und Larven) gegenübergestellt wurde. Dabei ergaben sich für die 4 auswertbaren Jahre folgende Gesamtmittel aller Versuche:

Jahr	Kontrolle	Behandelt	Differenz
1951	1 : 5,7	1 : 6,1	+ 0,4
1954	1 : 4,7	1 : 4,0	— 0,7
1955	1 : 4,6	1 : 5,1	+ 0,5
1956	1 : 5,9	1 : 5,0	— 0,9
∅	1 : 5,43	1 : 5,05	— 0,38

Im Gegensatz zu den genannten Spritzversuchen ist die Vermehrungspotenz, die bei dieser Art der Berechnung natürlich überwiegend von der Vermehrung zur Zeit des stärksten Befalls bestimmt wird, in den Puderparzellen kaum geringer als in den Kontrollen, obwohl der Befall in der Mehrzahl der Jahre fast um die Hälfte reduziert war. Dieses Ergebnis zeigt einmal die große Bedeutung des Frühbefalls für die Höhe des späteren Maximums und macht weiterhin wahrscheinlich, daß die Wirkung der Präparate zur Zeit des Hauptbefalls entsprechend den Ergebnissen der Schalenversuche praktisch abgeklungen ist, soweit dies mit der relativ rohen Berechnungsmethode erfaßt werden kann.

Als Ergebnisse der biologischen Studien an den Blattlauspopulationen in 5 Jahren unter wechselnden Befallsbedingungen können demnach folgende Tatsachen festgehalten werden: Siehe Tabelle 2 S. 394.

Die Wirkstoffe, dem Rübenknäuel bei der Aussaat in Form aktiv-kohlehaltiger Puderpräparate mitgegeben, werden von der Pflanze aufgenommen und lassen sich im Schalentest an Blättern aus Gewächshausversuchen mindestens 5 Wochen, nach den Proben aus Feldversuchen bis in den Juni hinein nachweisen. Die Dauerwirkung hängt von der Aufwandmenge ab. Infolgedessen ist der sommerliche Blattlausbefall vielfach bis zu 50% und mehr schwächer als in den Kontrollen, wobei jedoch die Anflugstärke und das Vermehrungspotential meist nur wenig verändert werden. Die Hauptwirkung der Präparate beruht demnach offensichtlich auf einer erheblichen Reduktion des Frühbefalls.

Das Ausmaß des Erfolgs der Saatgutbehandlung hängt somit von Außenfaktoren ab. Je schneller die Knäuel keimen und je zügiger die jungen Pflanzen heranwachsen, um so eher erreichen sie eine gewisse Größe, und die Wirkung der Präparate läßt rasch nach. Je früher die ersten Blattläuse fliegen und je mehr die Höhe der Gesamtverlausung von der Stärke des Frühfluges und den Vermehrungsbedingungen für die Erstansiedler abhängt, um so besser wird die Gesamtwirkung. Rüben, bei denen die Maximalhöhe der Verlausung überwiegend vom Verlauf des Sommerfluges (Anfang Juni–Ende Juli) abhängt, reagieren nur wenig oder gar nicht mehr auf das innertherapeutische Prinzip. Unter normalen Verhältnissen sind daher die Erfolgsaussichten bei frühgedrillten und engstehenden Rübenbeständen am größten, weil diese durch den Sommerflug nur noch in geringem Ausmaß zusätzlich besiedelt werden. Die Möglichkeiten, durch derartige Präparate die Aus-

Tabelle 2

Ergebnisse der Puderversuche 1951–1956

	Versuchsglied		Rüben dz/ha	dz/ha Blatt	Pol. %	Zucker dz/ha	Schädl. N	Asche
1951	Mittlere Saat	behandelt	402,0	396	15,60	62,7	—	—
		Kontrolle	329,0	337	15,75	51,8	—	—
	Spätsaat	behandelt	336,0	368	15,55	52,3	—	—
		Kontrolle	317,0	345	16,10	51,4	—	—
1952	Frühsaat	behandelt	432,5	255,5	14,65	63,4	—	—
		Kontrolle	418,5	268,4	14,60	61,0	—	—
	Mittlere Saat	behandelt	341,5	271,8	13,70	47,0	—	—
		Kontrolle	318,5	245,0	13,75	43,3	—	—
	Spätsaat	behandelt	163,0	235,1	12,60	20,6	—	—
		Kontrolle	174,0	257,5	13,05	22,8	—	—
1954	Frühsaat	behandelt	530,6	473,9	16,23	86,1	16,7	0,453
		Kontrolle	517,5	502,4	16,24	84,0	17,3	0,468
	Spätsaat	behandelt	273,2	287,6	16,32	44,6	25,3	0,527
		Kontrolle	318,9	402,4	16,54	52,8	23,5	0,515
1955	Frühsaat	behandelt	400,3	539,9	18,53	74,2	28,3	—
		Kontrolle	411,9	559,9	18,76	77,3	26,1	—
	Spätsaat	behandelt	364,9	714,7	16,47	60,1	49,3	0,686
		Kontrolle	321,5	642,1	16,12	51,8	44,1	0,675
1956	Frühsaat	behandelt	357,8	338,9	15,46	53,30	20,8	0,405
		Kontrolle	317,0	290,2	15,39	48,80	21,1	0,390
	Spätsaat	behandelt	163,9	216,9	15,22	25,0	21,4	0,435
		Kontrolle	172,9	222,2	15,29	26,4	26,2	0,430
	∅	behandelt	342,3	372,6	15,48	53,6	—	—
	∅	Kontrolle	328,8	370,2	15,60	52,0	—	—

breitung blattlausübertragbarer Viren grundsätzlich einzuschränken, müssen daher auf einen ganz bestimmten Teil der Gesamt-Infektionsperiode begrenzt werden, doch soll dieses Problem erst im Anschluß an die Versuche des Jahres 1957 diskutiert werden.

Tabelle 2 enthält die Ergebnisse aller Einzelversuche. Obwohl nur ein Teil auf die Saatgutbehandlung positiv reagiert hat, ergibt das arithmetische Mittel eine leichte Überlegenheit der Puderparzellen von ca. 4 % für den Rüben- und Zuckerertrag, der wohl in erster Linie durch eine Verringerung der Saugschäden erklärt werden dürfte. Bei gleichen Rodeflächen verhält sich die Zahl der Rüben bei „Kontrolle" und „Behandelt" wie 100 : 99,2; auch nach diesen Zahlen haben die Präparate im Schnitt aller Jahre die Bestandesdichte nicht wesentlich verändert.

Jahr	Gesamtzahl der Parzellen	Zahl der Rüben Kontrolle	Puder	Summe
1951	8	747	741	1488
1952	24	1582	1542	3124
1954	32	1815	1800	3615
1955	32	2176	2164	4340
1956	48	2555	2554	5109
Summe	144	8875	8801	17676

Tabelle 3

Ergebnisse der Puderversuche 1951–1956

		Rüben dz/ha		Pol. %		Zucker dz/ha		Blatt dz/ha	
		B	Ub	B	Ub	B	Ub	B	Ub
Frühsaat ∅		440,3	417,7	15,45	15,41	68,0	64,4	356,1	353,7
(3 Versuche)	Diff. gegen Ub.	+ 22,6		+ 0,04		+ 3,6		+ 2,4	
Mittelsaat ∅		381,3	353,1	15,94	16,09	60,8	56,8	402,6	380,6
(3 Versuche)	Diff. gegen Ub.	+ 28,2		+ 0,15		+ 4,0		+ 22,0	
Spätsaat ∅		260,2	260,9	15,23	15,42	39,6	40,2	364,5	373,8
(5 Versuche)	Diff. gegen Ub.	— 0,7		— 0,19		— 0,6		— 9,3	

Tabelle 4

a. Keim- und Wachstumsbeobachtungen an Feld- und Gewächsversuchen in Westfalen 1957

Versuch	Boden	Aussaat	Niederschlag mm 10 Tage n. Keimung	Schädigung durch 4739, 6 % relativ Ko = 100	
				Pfl./m	g/Pfl.
Gewächshaus	Anzuchterde	19. 5.	optimal	79,3	—
Feldversuch Appelhülsen	sandiger Lehm	10. 4..	8,7	73,6	76,8
Versuchsfeld Münster	Sand	8. 4.	3,4	18,8	60,0
Münster	Sand	26. 4.	4,6	fast totale Hemmung	

b. Pflanzengewichte im Feldversuch Appelhülsen

Tag	Zahl je Versuchsglied	Kontrolle g/Pflanze	4736, 6 % g/Pflanze	relativ Ko = 100
17. 5.	50	1,12	0,59	52,7
28. 5.	50	3,63	2,79	76,8
11. 11.	1000	1360	1585	116,5

Gliedert man die Ergebnisse nach der Saatzeit in 3 Gruppen (Frühsaat; bis 15. 4., Mittelsaat; vom 16. 4., Spätsaat; ab 1. 5.), so ergeben sich Mehrerträge nur in den beiden ersten Gruppen mit Maximum bei der Mittelsaat, während bei der Spätsaat die Erträge von „Kontrolle" und „Behandelt" praktisch gleich hoch sind (Tabelle 3). Dieses Ergebnis zeigt die gleiche Tendenz wie die Blattlausstudien, die einen im Durchschnitt beachtlich geringeren Erfolg bei den Spätsaaten erkennen ließen. Wenngleich die Unterschiede nicht sehr hoch sind und wegen der großen Ertragsschwankungen in den einzelnen Jahren auch nicht statistisch zu sichern waren, scheinen sie uns doch genügend Hinweise zu enthalten, die eine weitere Arbeit an diesem Problem rechtfertigen.

Feldversuche des Jahres 1957

Auf Grund der dargestellten Erfahrungen schien es uns erforderlich, die Wirkung der neuartigen Methode auch einmal in Praxisversuchen unter normalen Feldbedingungen zu überprüfen. Daher legten wir im Jahre 1957 in drei verschiedenen Anbauzonen insgesamt 7 einfache Feldversuche an (Kölner Bucht 3, Rheinhessen-Pfalz 3, Westfalen 1); auf größeren Schlägen wurde jeweils etwa 1 vha mit gepudertem Saatgut (Präparat 4739 = Disyston, 6 % des Saatgutgewichtes) neben einem gleichgroßen Streifen nicht behandelten Saatgutes der gleichen Herkunft (Kleinwanzlebener E) gedrillt. Sämtliche Drill- und Pflegearbeiten erfolgten in ortsüblicher Form durch die Betriebe selbst. Das Saatgut wurde von der Fa. Pfeifer und Langen, Werk Elsdorf geliefert und in Leverkusen entsprechend vorbereitet. Beim Ausdrillen des gepuderten Saatgutes stellte sich heraus, daß es langsamer auslief als das nicht gepuderte. Es war daher nicht möglich, in allen Versuchen die Saatgutmenge je vha gleich zu halten. Störend wirkte in der Praxis auch der unangenehme Geruch des Präparates. Sonstige Schwierigkeiten ergaben sich bei der Aussaat nicht.

Wie in einem Teil des Gewächshausversuches des Jahres 1956 (vgl. S. 389) fanden wir in allen Feldversuchen des Jahres 1957 Verzögerungen im Auflauf der Puderparzellen, die zunächst recht deutlich waren. In einzelnen Fällen konnten die Versuchsstreifen erst 8–14 Tage nach den unbehandelten Streifen verhackt und vereinzelt werden, während bei den übrigen diese Arbeiten wenigstens unmittelbar nach ihrem Abschluß auf dem restlichen Feld nachgeholt werden konnten. Wieder wurden an den Keimblättern charakteristische Spitzennekrosen gefunden; die nachwachsenden Blätter waren dagegen völlig symptomfrei. In dieser Zeit vorgenommene Gewichtsuntersuchungen an den jungen Pflänzchen ergaben einen deutlichen Rückstand der Pudersaaten, der jedoch später wieder zurückging (Tabelle 4) und ebenso wie die Zahl der Fehlstellen deutlich von den Außenbedingungen beeinflußt wurde. Die bei der Ernte festgestellten und in Tabelle 4b aufgeführten Gewichte der Kontrollpflanzen wurden an Pflanzen aus unbehandeltem Vergleichssaatgut, die jedoch 3mal mit Metasystox behandelt worden waren, ermittelt. Das Mehrgewicht von 16,5 % bei der letzten Ernte, welches die Puderpflanzen gegenüber den Kontrollen aufwiesen, kann daher nicht allein auf die Ausschaltung von Schäden durch Saatgutbehandlung zurückgeführt werden, sondern ist als Folge der größeren Standweite aufzufassen, da die ha-Erträge an Gesamtpflanzenmasse (Rübe + Blatt) praktisch gleich-

hoch waren (958 gegenüber 947 dz/ha). Auch in den übrigen Feldversuchen waren die Auflaufschäden im allgemeinen um so größer, je leichter der Boden war. (Tab. 6). Diese Ergebnisse begründen die Vermutung eines Zusammenhangs zwischen dem Grad der Keimschädigung und den Bodeneigenschaften, insbesondere der Bodenfeuchtigkeit.

Im weiteren Verlauf der Vegetationsperiode verschwanden die Schäden bis auf die Fehlstellen, weshalb auch bei der Ernte fast einheitlich bei „Behandelt" ein geringerer Pflanzenbestand ermittelt wurde (vgl. Tab. 6). Da im Jahre 1956 auf dem Versuchsfeld keine derartigen Ausfälle zu verzeichnen waren, besteht die Möglichkeit, daß entweder die Anfälligkeit des Saatgutes durch die Witterung, bzw. durch das längere Lagern in gepudertem Zustand erhöht worden ist, oder das Präparat selbst infolge bestimmter von uns nicht nachprüfbarer Umstände 1957 stärkere phytotoxische Eigenschaften zeigte.

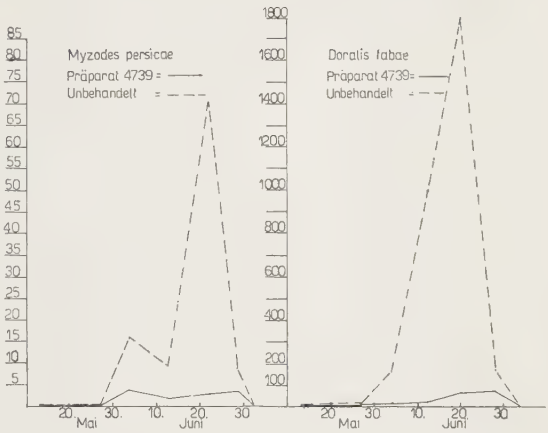

Abb. 8. Verlauf der Blattlausgradation; Feldversuch Niederembt 1957

In allen Arealen konstatierten wir im Jahre 1957 starken Blattlausflug im Mai und äußerst günstige Vermehrungsbedingungen bis Ende Juni. Die Rüben wurden schon sehr früh besiedelt; das Gradationsmaximum wurde überall in der dritten Junidekade beobachtet und erreichte zum Teil sehr hohe Werte. Anfang Juli brach die Population vollständig zusammen. Für die spezifischen Eigenschaften des Wirkstoffs waren diese Verhältnisse, wie schon erörtert, außerordentlich günstig. Als Beispiel für die Befallsreduktion dieses Jahres seien in Abb. 8 die Ergebnisse des Versuchs Niederembt (Rhld., Nr. 1) dargestellt. Während in den Kontrollen am 21. 6. über 1700 *D.f.* und 70 *M.p.* im Mittel je Pflanze gefunden wurden, stieg der Befall in „Behandelt" nicht über 100 *D.f.* und 5 *M.p.* je Rübe. Ein ähnliches Bild zeigten auch die übrigen stark verlausten Versuche (Tabelle 5).

Nur der Versuch Schambach fällt aus dem Rahmen; nachträglich kann die geringe Reduktion des *D.f.*-Befalls bei ihm nicht mehr geklärt werden. Es ist möglich, daß später starker Flug der Art hierfür verantwortlich gemacht werden muß. Bei geringer Verlausung ist der prozentuale Erfolg aus verständlichen Gründen weniger gut (Holzweiler *D.f.*, *M.p.*, Beindersheim *D.f.*). *M.p.* wurde – wie auch in früheren Versuchen mit Spritzmitteln – infolge ihrer Besiedlungsgewohnheiten stärker betroffen als *D.f.* Im Durchschnitt wirkte das Präparat viel besser als in den Vorjahren. Ob dies eine Folge des sehr frühen Blattlausbefalls ist (gute aphizide Wirkung der jungen Pflanzen) oder ob das Präparat des Jahres 1957 besser war, kann noch nicht entschieden werden. Unserer Ansicht nach dürfte der erstgenannten Möglichkeit ein großer Anteil an diesem guten Ergebnis zukommen. Dann wür-

den derartige Mittel gerade unter den schwierigsten Verhältnissen die besten Erfolge versprechen.

Tabelle 5

Versuch	Durchschnittl. Maximum je Pflanze absolut Kontrolle *D. f.*	*M. p.*	Behandelt *D. f.*	*M. p.*	rel. Ko = 100 *D. f.*	*M. p.*
Niederembt	1758	70	72	4	4,0	5,7
Holzweiler	137	7	77	5	56,3	71,4
Gerderhahn	711	29	35	3	4,9	10,6
Pfiffligheim	661	99	123	7	18,7	7,1
Beindersheim	15	149	19	3	127,0	2,0
Schambach	587	415	232	39	39,6	9,4
Appelhülsen	846	186	159	10	18,8	5,4
∅	672,3	136,4	102,4	10,1	38,5	15,9

Die Befallsunterschiede waren auch mit dem bloßen Auge gut sichtbar, denn die Kontrollen zeigten im Juni z. T. schwere Kräuselungen und Verkrümmungen an den Blättern, während die Puderparzellen in dieser Hinsicht kaum geschädigt wurden.

Da neben Blattläusen im Jahre 1957 auch die Rübenfliege *(Pegomyia hyoscyami)* in den Monaten Mai bis Juni mittel bis stark auftrat, konnten wir ihre Reaktionen auf den Wirkstoff ebenfalls genauer verfolgen. Kontrollen an befallenen Pflanzen und Einzelblättern behandelter und nicht behandelter Pflanzen lehrten, daß sich die Eier auf Puderpflanzen praktisch normal entwickelten und die schlüpfenden Junglarven sich in das Blattgewebe einbohrten. Im Mai endeten die Fraßgänge aber schon nach einer Länge von ca. 5 mm, und die herauspräparierten Larven waren abgestorben. Nur in Münster ergaben sich Anhaltspunkte für ein schlechteres Schlüpfen auf den Disyston-Pflanzen.

Tag	Befallene Pflanzen in % Ko	4739	Eier je Pflanze geschlüpft Ko	4739	nicht geschlüpft Ko	4739
8.5	100	100	1,50	0,35	0,60	0,35
10. 5.	100	85	1,85	0,30	5,10	1,85

Erst in der dritten Maidekade entwickelten sich an den behandelten Pflanzen in geringem Umfang die Larven weiter. Die Ergebnisse aller Untersuchungen an den Versuchen in der Kölner Bucht (je Versuchsglied und Termin zunächst 100 befallene Keimpflänzchen und später 50 befallene Einzelblätter) sind in Abb. 9 einzeln und gemittelt dargestellt. Für die Dauerwirkung des Disyston auf die Larven der Rübenfliege ergibt sich somit nahezu der gleiche Kurvenverlauf wie für Blattläuse in den früheren Jahren, d. h. volle Wirkung bis in den Mai und dann rasches Abklingen in der ersten Junihälfte. Später spielte die Rübenfliege keine Rolle mehr; im Jahre 1957 war demnach durch Saatgutbehandlung ein voller Schutz gegen diesen Schädling ohne zusätzliche Maßnahmen möglich.

Entsprechend den Angaben von Unterstenhöfer berechtigen Einzelbeobachtungen auf dem Versuchsfeld Münster im Jahre 1954 zu der Erwartung, daß noch weitere Keimschädiger auf derartige Mittel reagieren.

In diesem Jahre verursachten Erdflöhe in der Münsterschen Bucht durch Fraß an den gerade auflaufenden Keimpflanzen solche Schäden, daß zahlreiche Saaten umgebrochen und neubestellt werden mußten. In einem Anfang Mai gedrillten und stark von *Phyllotreta spec.* befallenen Versuch zeigten sich sehr deutliche Unterschiede in der Pflanzendichte zwischen den Kontroll- und den Pudersaaten; folgende Pflanzenzahlen am 16. 6. wurden je 4 mal 2 m laufende Drillreihe ermittelt:

	Präparat		
Kontrolle	4310	4537	4539
81	114	218	220

Da wir derartige Fälle bisher jedoch noch nicht wieder gesehen haben, können diese Befunde vorläufig noch nicht bestätigt werden.

Infolge des starken Schädlingsbefalls in den Kontrollstreifen holten die zunächst zurückgebliebenen Pudersaaten im Jahre 1957 ihren Rückstand bald auf und standen bei Ende der Kalamität im Wuchs besser als die Kontrollen.

Über den Einfluß der Saatgutbehandlung auf Auftreten und Ausbreitung der Vergilbungskrankheit (Beta-Virus 4), die in einem Teil der Versuche stark auftrat, können wir noch nicht verbindlich diskutieren. Wie bei den früher angelegten Spritzversuchen mit innertherapeutisch wirkenden Präparaten traten in den Puderparzellen die ersten kranken Pflanzen zur gleichen Zeit und in gleicher Anzahl auf wie in den Kontrollen. Umfangreiche Nester kranker Pflanzen zeigten sich dagegen nach Saatgutbehandlung erst einige Wochen später. Dann aber nahm die Krankheit überall gleichmäßig zu, und bei der Ernte waren Unterschiede zwischen „Behandelt" und „Kontrolle" nicht mehr zu verzeichnen. Da der Pflanzenbestand in den Puderparzellen durch Auflaufschäden im Mittel um etwa 11 % verringert wurde (vgl. Tab. 6), und nach früheren Versuchen die Zahl der Pflanzen je Flächeneinheit für die Epidemiologie der Virose eine bedeutende Rolle spielt, sind die Voraussetzungen für eine vergleichende Diskussion der Befunde zur Zeit noch nicht gegeben. Erst weitere Versuche, nach Möglichkeit ohne phytotoxische Nebenwirkungen, können hier zu klaren Ergebnissen führen.

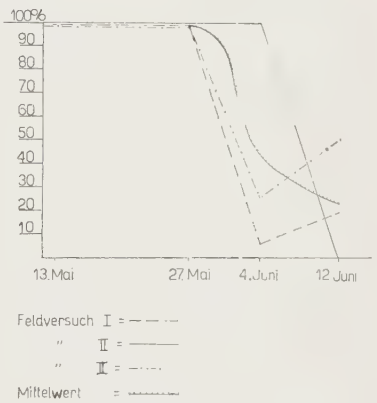

Abb. 9. Prozentualer Abtötungserfolg der Saatgutbehandlung gegen die Larven der Rübenfliege; Feldversuche Rheinland 1957

Ergebnisse der Versuchsernte

Bei allen Versuchen wurden in den Kontroll- und Puderflächen – 4 bis 6fach wiederholt – Probeflächen bestimmter Größe gerodet und zuckertechnisch untersucht. (In Elsdorf und Worms im Rübenlaboratorium der Zuckerfabrik, in Münster im Institut für Hackfruchtkrankheiten und Nematoden-

forschung.) Die Ergebnisse (Tab. 6) sind in mehrfacher Hinsicht recht aufschlußreich.

Die Pflanzenzahl bei der Ernte war bei „gepudert" im Mittel um 11,5 % niedriger, wie die Spalte „Rübenzahlen/ha" beweist. Aus dem Rahmen fällt lediglich Versuch Nr. 5. Das sind die Auswirkungen der auf S. 396 bereits erörterten Auflaufschwierigkeiten und phytotoxischen Eigenschaften. Die Ausfälle wechseln sehr und sind nicht immer von der Bodenart abhängig; es scheint, als ob die mehr oder weniger guten Bodenfeuchtigkeitsverhältnisse für die Höhe der Schäden hauptverantwortlich sind. Trotz dieser geringeren Bestandesdichte brachten die Puderparzellen in 5 von 7 Versuchen höhere Rüben- und Zuckererträge, während die Werte für den Zuckergehalt nur geringfügig voneinander abweichen. Der Blattertrag der Puderparzellen war in 5 Fällen niedriger als der der Kontrollen; dagegen waren die Werte für lösliche Asche und schädlichen Stickstoff im allgemeinen leicht erhöht.

Im Jahre 1957 waren demnach in vielen Fällen die kombinierten Schäden (Blattlaussaugschäden, Fraßschäden durch die Larven der Rübenfliege, Virusschäden) offenbar so groß, daß ihr erheblicher Rückgang durch das innertherapeutisch wirksame Prinzip des Präparates die Auflauf- und phytotoxischen Schäden nicht nur kompensiert hat, sondern darüber hinaus noch eine gute Tendenz zur besseren Leistung der Pflanzen bei den Pudersaaten gefunden werden konnte. Ganz besonders gilt das für den Versuch Nr. 7, der im Schwerstbefallsgebiet der Vergilbungskrankheit durchgeführt wurde, wo 1957 schon Ende August in nicht vorbeugend behandelten Feldern schwere Virussymptome beobachtet werden konnten. Im Mittel aller Versuche stieg der Rübenertrag um 5,8 %, der Zuckerertrag um 7,6 % an. Ordnet man die Zahlen nach der Höhe der Rübenerträge/ha in drei Gruppen, so erhält man folgende Differenzen zwischen behandelten und unbehandelten Parzellen:

4 Versuche mit mehr als 500 dz/ha	— 1,12 dz/ha Zucker (Puder)
2 Versuche mit 400–500 dz/ha	+ 9,2 dz/ha Zucker (Puder)
1 Versuch mit weniger als 400 dz/ha	+ 27,3 dz/ha Zucker (Puder).

Wiederum kommt, wie auch bei früheren Versuchen mit systemischen Präparaten, die bekannte Tendenz des besseren Erfolges unter erschwerten Befalls- und Wachstumsbedingungen klar zum Ausdruck. Wir sind jedoch nicht in der Lage, das Gewicht der erwähnten einzelnen Schadfaktoren und den besonderen Einfluß der Kultur- und Wachstumsbedingungen im Zusammenhang mit ihrer stark wechselnden Stärke an Hand dieser wenigen Feldversuche zu bestimmen, wollen jedoch darauf hinweisen, daß auch der Versuch in Appelhülsen bei Ausschluß der hohen Schäden durch das Präparat praktisch die gleichen Erträge gebracht hat wie die übrigen. Derartige Versuche müßten noch mehrere Jahre wiederholt werden, ehe man sich ein allgemeines Urteil über die Auswirkungen der Saatgutbehandlung unter den verschiedensten Befalls- und Wachstumsbedingungen erlauben darf. Andererseits ist zu bedenken, daß durch die Auflaufschäden und den Ausfall von Pflanzen die volle mögliche Auswirkung des Verfahrens in diesen Versuchen nicht bestimmt werden konnte. So könnten u. U. die etwas niedrigeren Blatterträge und der etwas höhere Gehalt der Rüben an löslicher Asche und schädlichem Stickstoff als Folge der geringeren Bestandesdichte zu erklären sein, obwohl auch noch andere Gründe möglich sind. Daher soll diese Frage erst später eingehend behandelt werden. Auf eine statistische Auswertung der einfachen Feldversuche wurde verzichtet. Insgesamt gesehen haben aber die

ersten Feldversuche unter praktischen Bedingungen bei recht starker Schädlingskalamität die Vorversuche auf dem Versuchsfeld im Prinzip bestätigt.

Diskussion der Gesamtbefunde

Mit den beschriebenen Ergebnissen können wir die an Baumwolle (2) und an anderen Pflanzen (1, 3, 6) gewonnenen Erfahrungen bestätigen, nach welchen es möglich ist, durch Applikation systemisch wirkender Aktivkohle-Präparate an das Saatgut die auflaufenden Pflanzen längere Zeit gegen bestimmte Saug- und Fraßschäden zu schützen. Das Saatgut der *Beta*-Rübe reagiert außerordentlich fein auf derartige Präparate und hat sich nach vieljährigen Erfahrungen im Freiland je nach den Wachstumsbedingungen bis weit in den Mai hinein als praktisch immun gegen Blattlausbefall und Miniertätigkeit der Rübenfliegenlarven erwiesen. Zufallsbeobachtungen machen es wahrscheinlich, daß Rübenkeimlinge aus gepudertem Saatgut auch von anderen tierischen Parasiten weniger geschädigt oder sogar gemieden werden dürften, doch müssen hier noch weitere Erfahrungen gesammelt werden. Genauere Untersuchungen an der Blattlauspopulation der *Beta*-Rüben unter sehr wechselnden Befallsbedingungen haben gezeigt, daß der Erfolg um so größer wird, je jünger die Pflanzen zur Zeit des Befallsbeginns sind; Spätbefall zu einer Zeit, wenn die Wirkung bereits abgeklungen ist, kann nicht mehr verhindert werden. Die Saatgutbehandlung zeigt ihren Wert also gerade unter Bedin-

Tabelle 6

Ergebnisse der Puderversuche 1957

Nr.	Rüben dz/ha		Pol. %		Zucker dz/ha		Blatt dz/ha		Asche %		Schädl. N		Pflanzenbestand/ha	
	Kontrolle	Diff. Puder	Kontrolle	Diff. Puder	Kontrolle	Diff. Puder	Kontrolle	Diff. Puder	Kontrolle	Diff. Puder	Kontrolle	Diff. Puder	Ub	Diff. B
1	558,40	+ 22,23	15,5	+ 0,1	87,37	+ 2,41	586,82	— 45,97	0,820	+ 0,020	46,9	+ 0,4	57 519	— 1 110
2	582,66	— 55,16	14,6	± 0	85,20	— 8,69	626,44	— 60,72	0,450	— 0,010	43,0	— 1,0	70 393	— 6 880
3	441,85	+ + 44,29	15,6	+ 0,3	69,16	+ + 8,14	599,52	— 50,20	0,670	+ 0,010	38,4	+ 0,8	66 783	— 9 674
4	569,37	+ + 16,72	16,0	± 0	91,10	+ + 2,67	333,38	— 5,12	0,632	+ + 0,042	41,0	+ + 2,0	73 594	— 16 406
5	477,96	+ 58,13	15,3	+ 0,3	73,13	+ 10,50	243,44	+ 18,19	0,610	+ 0,030	54,0	+ 1,0	54 218	+ 2 657
6	548,91	— 23,13	15,5	+ 0,5	85,08	— 0,96	369,38	— 84,41	0,606	— 0,006	35,0	+ 1,0	63 906	— 10 937
7	387,0	+ 101,0	14,78	+ 1,69	57,2	+ 27,3	448,0	+ 22,0	—	—	—	—	69 800	— 9 300
∅ abs.	509,5	+ 23,4	15,3	+ 0,4	78,3	+ 5,9	457	— 30					65 173	— 7 379
∅ rel.	100	+ 5,8			100	+ 7,6	100	— 6,5					100	—11,5

gungen, wo das Spritzen innertherapeutisch wirksamer Präparate aus pflanzenphysiologischen Gründen bei der Rübe die geringsten Möglichkeiten zuläßt. Da in den Versuchen auch eine eindeutige Tendenz zur Verringerung der Ertragsschäden unter bestimmten Bedingungen zu verzeichnen war, verdient der neue Weg auch weiterhin eingehend auf seine Möglichkeiten für die rübenbauende Praxis überprüft zu werden.

Es darf freilich nicht übersehen werden, daß noch einige Schwierigkeiten überwunden werden müssen, ehe das Ziel einer praxisreifen Methode erreicht werden kann. Diese ergeben sich in der Hauptsache aus den unter bestimmten Verhältnissen manifest werdenden phytotoxischen Eigenschaften einiger der untersuchten Präparate, die wiederum zu Wachstumsdepressionen der auflaufenden Keimlinge und Auflaufschäden führen können. Besonders die Versuche des Jahres 1957 mahnen zur Vorsicht. Wenn auch unter den Befallsverhältnissen dieses Jahres die positiven Eigenschaften des Präparates (Ausschaltung von Schäden durch Blattläuse und Rübenfliege) die negativen Einflüsse kompensiert haben und in der Mehrzahl der Fälle die Pudersaat im Ertrag den Kontrollen überlegen war, so könnte doch bei schwächerem Schädlingsbefall das Gegenteil eintreten, d.h. die Nachteile größer als die Vorteile sein. Außerdem würde in der Praxis sicher auch der noch unangenehme Geruch des Puders stören. Sollte es möglich sein, die ungünstigen Eigenschaften des Präparats im Laufe der Zeit abzuschwächen oder zu beseitigen, könnte der neue Weg nach dem heutigen Stand der Kenntnisse für den Rübenbau in folgender Hinsicht sehr wertvoll werden:

a. Verhütung von Blattlaussaugschäden

In allen Fällen, in denen mit frühem starkem Blattlausbefall gerechnet werden muß, wären Saugschäden ohne zusätzliche Maßnahmen praktisch auszuschalten.

b. Bekämpfung der Rübenfliege

Das Ergebnis der Versuche 1957 berechtigt zu der Hoffnung, die durch die erste Generation dieses Schädlings verursachten Schäden ebenfalls ohne zusätzliche Maßnahmen weitgehend zu reduzieren. Inwieweit auch die 2. Generation mit erfaßt werden kann, läßt sich heute noch nicht entscheiden, doch sind die Aussichten hierfür nicht sehr groß.

c. Verminderung der Schäden durch Beta-Virus 4

Grundsätzlich kann die Infektion der Pflanzen durch Saatgutbehandlung ebenso wenig verhindert werden wie durch Spritzen mit systemischen Präparaten. Insbesondere bei früher Infektion scheint sich die Krankheit in den behandelten Beständen eine Zeitlang aber langsamer auszubreiten. Es könnte daher ebenso wie nach dem Spritzen in solchen Fällen zu durchschnittlich späterem Auftreten der Virussymptome und damit bei hohem Infektionsdruck auch zu geringeren Ertragsverlusten kommen. Zudem bedeutet in solchen Schwerbefallsgebieten der Ausfall zusätzlicher Schadfaktoren bereits einen Vorteil für die Pflanze, wie zahlreiche Arbeiten über den Einfluß komplexer Schäden auf die Vergilbungsempfindlichkeit der Pflanze bewiesen haben. Gerade unter derartigen Verhältnissen wäre ein einfaches und elegantes Verfahren, welches zudem mehrere Großschädlinge erfaßt, ein nicht zu unterschätzender Vorteil für die rübenbauende Praxis. Es kommt hinzu, daß

Spritzmaßnahmen gegen Virusschäden auf Grund von Blattlausstudien *vorbeugend* durchzuführen sind und in relativ kurzer Zeit beendet sein müssen, wenn der größtmögliche Erfolg gewährleistet sein soll. Sie fallen aber oft in Perioden ungünstigen Wetters oder in Arbeitsspitzen anderer Art, die bei der heutigen Lage auf dem landwirtschaftlichen Arbeitsmarkt nicht ausgeglichen werden können. Die Saatgutbehandlung wäre imstande, hier Schwierigkeiten in wirksamer Form zu beheben. Dies gilt selbstverständlich ebenso für die Saugschäden und den Rübenfliegenbefall.

Aber auch für die mit dem Warndienst befaßten Dienststellen wäre die Arbeit leichter, weil die Gradation der Schädlinge nach Saatgutbehandlung auf jeden Fall langsamer ansteigt und somit gegebenenfalls mehr Zeit für andere Maßnahmen vorhanden ist. Außerdem wäre später im Jahre auf Grund der dann besseren Übersicht über den Gradationsverlauf und das Wachstum der Rüben leichter zu entscheiden, ob spezielle zusätzliche Maßnahmen überhaupt noch erforderlich sind. Wir haben die Absicht, in der kommenden Zeit mit Hilfe kombinierter Puder- und Spritzversuche in unseren Befallsarealen diese Frage unter verschiedenen Bedingungen weiter zu verfolgen und nach Möglichkeit zu klären.

Zusammenfassung

1. Zahlreiche Versuche zur inneren Therapie der *Beta*rüben durch Saatgutbehandlung mit innertherapeutischen Aktiv-Kohle-Präparaten der Farbenfabriken „Bayer", Leverkusen, wurden in Elsdorf und Münster in den Jahren 1951–1956 durchgeführt und im Jahre 1957 im Rheinland, der Rheinpfalz und Westfalen im praktischen Rübenbau wiederholt.
2. Die Wirkstoffe dringen durch das Saatgut in die Pflanze ein und lassen sich im Gewächshaus wochenlang, im Freiland je nach Saatzeit bis Mitte oder Ende Juni nachweisen. Die Dauerwirkung hängt von der Wachstumsgeschwindigkeit, den Außenfaktoren und der Menge des zur Saatgutbehandlung verwendeten Mittels ab.
3. Die Saatgutbehandlung wirkt sich gegen Blattläuse und die Larven der Rübenfliege aus; es ist wahrscheinlich, daß auch andere Keimschädlinge betroffen werden.
4. Besonders bei frühem Blattlausbefall war der Erfolg ausgezeichnet; er wurde um so geringer, je später die Gradation begann und je mehr ihre Höhe vom Verlauf des Sommerfluges abhing. Daher gelingt ein guter Schutz bei späten Saaten nur selten.
5. Die Ausbreitung des Vergilbungsvirus in den Beständen kann nur teilweise eingeschränkt werden.
6. In einigen Jahren waren phytotoxische Erscheinungen, Auflaufverzögerungen und -schäden zu beobachten, die mit hoher Wahrscheinlichkeit von Außenfaktoren, wie Bodentrockenheit usw. verstärkt wurden. Sie führten in den Praxisversuchen zu einer Abnahme des Pflanzenbestandes/ha um ca. 11 %.
7. Trotz dieser ungünstigen Eigenschaften waren die Erträge an Rüben und Zucker in den behandelten Parzellen vielfach höher. Insbesondere bei starkem kombiniertem Blattlaus- und Rübenfliegenbefall im Seuchenzentrum des Vergilbungsvirus wurden beachtliche Mehrerträge erzielt.

8. Die Ergebnisse werden diskutiert. Die innertherapeutische Saatgutbehandlung dürfte für die rübenbauende Praxis sehr interessant werden, wenn es gelingt, die negativen Eigenschaften der Präparate zu eliminieren.

Summary

In seed dressing trials on beet using systemic compounds with activated charcoal (Bayer), the active material entered the plants and could be detected for a long time. Persistence depends on rate of growth, external factors and the amount of material used. The treatment is effective against aphids – particulary early attack – and the larvae of the beet fly but the spread of virus yellows in the plots can only be partially limited. In some years, phytotoxic symptoms, retardation of and injury during germination were observed; these were in all probability increased by external factors such as soil dryness. In trials on a practical scale they caused a decrease of about 11 % in plants per hectare. In spite of these disadvantages, the yields of beet and sugar were much higher, particularly in epidemic centres of virus yellows with combined aphis and beet fly attack. With the removal of these defects, systemic seed dressings should become of interest to beet growers.

Literatur

1. Chao-Seng-Tsi: Protection against aphids by seed treatment. Nature **116**, 1950, 909–910.
2. Ivy, E. Iglisky, W. & Rainwater, C. P.: Translocation of octamethylpyrophosphoramide by the cotton plant and toxicity of treated plants to cotton insects and spider mite. Journ. econ. Ent. **43**, 1950, 620–626.
3. Reynolds, H. T., Anderson, L. D. and Swift, J. E.: Test with two systemic insecticides on vegetable and field crops in South California. Journ. econ. Ent. **46**, 1953, 555.
4. Steudel W.: Zur Frage der Bekämpfung der Vergilbungskrankheit der *Beta*-Rüben durch Überträgerabtötung mit chemischen Mitteln. 1. Die Wirkung des Präparates „Systox" auf die Blattlauspopulation der *Beta*-Rüben. Ztschr. Pfl.krankh. **59**, 1952, 418–430.
5. Unterstenhöfer, G.: Die Bekämpfung von Pflanzenschädlingen durch Saatgutbehandlung mit systemischen Insektiziden. Ztschr. Pfl.krankh. **64**, 1957, 619–625 (siehe dort weitere Literatur).
6. Unterstenhöfer, G.: Freilandversuche mit dem systemischen Insektizid „Systox" gegen die schwarze Bohnenlaus (*Doralis fabae* Scop.) an Ackerbohne (*Vicia Faba* L.). Höfchen-Briefe **6**, 1953, 121–130.

Aus dem Zoologischen Institut und der Zoologischen Sammlung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn

Die Wirkung der Klärschlammrotte auf die Bodenmilben

Mit Unterstützung des Herrn Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen und der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Von Gerd Höller

1. Einleitung

Es ist bekannt, daß in den bäuerlichen Betrieben mit überwiegender Acker- und Gartennutzung sich durch das Fehlen anfallenden Stallmistes ein Mangel an organischem Dünger bemerkbar macht. Andererseits gehen täglich dadurch, daß der Klärschlamm der städtischen Kläranlagen nicht genutzt wird, ungeheure Mengen an organischer Substanz verloren. Wenn es möglich wäre, den Klärschlamm als organische Düngung für die Landwirtschaft nutzbar zu machen, könnte damit erstens dem Landwirt ein großer Dienst erwiesen werden, zweitens könnten die anfallenden Klärschlammassen, die eine Belastung für die Anlagen darstellen, nutzbringend beseitigt werden.

Von diesem Gedanken ausgehend untersuchte ich auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Wurmbach in den Jahren 1953 und 1954 die Reaktion der Bodenmilben auf die Düngung mit Klärschlamm. Da die Bodentiere einen gewissen Bodenzeigerwert besitzen (Kubiena 1948, Höller 1954), war anzunehmen, daß aus dem Verhalten der Tiere Rückschlüsse auf die Wirkung des Klärschlamms im Boden zulässig sind.

Die vorliegende Arbeit wurde mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen ausgeführt.

2. Methodik

Der für die Untersuchungen verwandte Klärschlamm stammte aus den Kläranlagen der Stadt Siegburg. Alle Parzellen, die auf die Reaktion der Milben untersucht wurden, hatten eine Größe von 1 qm. Es handelt sich dabei um Gartenboden, der nach Feststellung der Landwirtschaftlichen Forschungsstelle in Bonn extrem kaliarm ist und nachweislich seit 20 Jahren keinerlei Düngung erfahren hat. Der Garten liegt auf der Niederterrasse der Sieg; sein Boden besteht aus sandigem Lehm auf Kiesunterlage.

Die Entnahme der Bodenproben geschah in 100-ccm-Stechringen, die sofort gedeckelt wurden. Die Behandlung der Proben im Berlese-Automaten, das Anfertigen der Präparate und die Bestimmung der Tiere erfolgte nach der gleichen Methode wie bei meinen Untersuchungen in Dikopshof (Höller 1954).

3. Die Besiedelung des Klärschlammes mit Milben

In Proben, die ich aus dem Klärschlammbecken aus verschiedenen Tiefen genommen hatte, konnte ich feststellen, daß der Schlamm im Becken nicht von Milben besetzt ist. Der pH-Wert war hier = 5.

Zur gleichen Zeit hatte ich Gelegenheit, einen seit 4 Monaten lagernden Klärschlammhaufen, der später als Dünger verwandt werden sollte, zu untersuchen. Dieses Substrat hatte einen pH-Wert von 6–7. Es war nur an der Oberfläche besiedelt, und zwar sehr stark mit nur einer Art: *Anoetus* spec., so daß es den Anschein hat, als seien diese Acaridier die Erstbesiedler.

Nach weiteren 6 Wochen waren die Tiere von oben bis zu 12 cm in den Haufen eingedrungen, und zu den Anoetiden hatten sich jetzt noch einige Uropodinen (*Discourella* spec.), Parasitiden *(Pergamasus crassipes)* und Laelaptiden (*Hypoaspis* spec.) gesellt. Während die besiedelte Schicht locker und porös war, stellte die Tiefe einen so kompakten Brei dar, daß zur Besiedelung wohl die nötige Atemluft fehlte. Zur Klärung der Frage, ob nur das Fehlen der Luft oder noch ein weiteres Hindernis die Besiedelung stoppt, stach ich ein Stück aus der unteren, nicht besiedelten Region, in einer Größe von 10×10×10 cm heraus und legte es gesondert auf den Erdboden. Schon am nächsten Tage isolierte ich aus 200 ccm dieses Substrates 26 Milben aus folgenden Gruppen: Acaridiae, Gamasina, Tarsonemini und Uropodina. Ganz fehlten die Oribatiden und Prostigmaten; von den Nanorchestiden, die ich auch hier, ihres häufigen Auftretens wegen, wieder gesondert betrachten will (Höller 1954), fand ich nur einen Vertreter. Es ist also meine Annahme berechtigt, daß für die Besiedelung überhaupt lediglich die Luft fehlt. Jedoch fällt das Fehlen der sonst im Boden häufigen Gruppen auf: Ein Hinweis für die folgenden Untersuchungen.

Da der frische Schlamm im Becken auch an der Oberfläche nicht besiedelt war, ergab sich von selbst die Frage, ob er vielleicht doch, wenn er in die Erde gebracht würde, von den Bodenmilben angenommen wird. Um dies zu untersuchen, legten wir, G. Land, die im gleichen Arbeitsgang mit mir die Reaktion der Collembolen untersuchte, und ich im November 1952 drei Parzellen an, von denen die erste unbeschickt blieb, Parzelle 2 wurde mit abgelagertem und Parzelle 3 mit frischem Klärschlamm belegt, der dann eingegraben wurde.

Nach 2 Tagen nahmen wir Vergleichsproben, die für die Parzelle mit frischem Klärschlamm keinerlei Milbenfunde ergaben. Demnach sieht es ganz so aus, als ob die Tiere nicht nur den frischen Klärschlamm mieden, sondern auch aus dem Boden in dessen Nachbarschaft abwanderten. Nach weiteren 6 Wochen war auch diese Parzelle 3 von einzelnen Milben angenommen. Es konnte wieder festgestellt werden, daß die Oribatiden, die im unbehandelten Boden bis zu 50 % der Gesamtbevölkerung ausmachten, auf beiden Klärschlammparzellen nur sehr selten anzutreffen waren: Ich fand nur in einer Probe 2 Exemplare der Art *Tectocepheus velatus*. Über die anderen Gruppen, die ich oben als im Klärschlamm fehlend bezeichnete, kann ich hier bei diesen im Winter genommenen Proben keine Aussage machen, da diese zum größten Teil sehr zarten Tiere im Winter nur sehr selten vorkommen und, wie ich bei *Nanorchestes* und *Eupodes* nachweisen konnte (Höller 1954), dann in größere Tiefen abwandern. Andererseits waren die Acaridier wieder sehr viel stärker vertreten als in normalem Boden, und zwar hier vor

allem mit den Arten *Histiogaster carpio, Tyrophagus dimidiatus* und *Anoetus* spec.

Um eventuelle Zufälligkeiten auszuschalten, wurde nun am 2. 1. 1953 eine weitere Parzelle (4) mit frischem Klärschlamm belegt und nach 9, 18 und 25 Tagen Vergleichsproben entnommen: Es fanden sich nur ganz vereinzelte Milben in diesem Boden. Auch im Verlauf der weiteren Untersuchung konnte ich feststellen, daß noch nach langer Zeit beide mit frischem Schlamm belegten Parzellen unterbesetzt waren.

Es kann nach diesen Versuchen also gesagt werden, daß abgelagerter Klärschlamm lieber angenommen wird als frisch in den Boden gebrachter. Ferner war aufgefallen, daß eine Verschiebung der artenmäßigen Zusammensetzung bei einer Gabe von Klärschlamm erfolgte.

4. Die Reaktion der Bodenmilben in den mit Klärschlamm belegten Parzellen

a. Stapelschlamm

Nach den Erkenntnissen dieser Vorarbeiten war es klar, daß zu einer Düngung nur abgelagerter Klärschlamm in Frage kommen konnte. Um für die Beobachtung der Reaktion der Bodenmilben auf Klärschlammdüngung größeres Vergleichsmaterial zu haben, wurden weitere 5 Parzellen auf dem gleichen Boden mit abgelagertem Klärschlamm belegt und zum Vergleich 5 Parzellen eingerichtet, die ohne organische Düngung belassen wurden. Es waren also nun insgesamt 8 Parzellen mit dem Substrat behandelt, während 6 zur Kontrolle frei geblieben waren. In den nun folgenden Ausführungen sind 6 der gedüngten Parzellen den 6 ungedüngten gegenübergestellt, da ich die Parzellen 5 und 8 aus Gründen, die ich weiter unten schildern werde, ausließ.

Die genannten Parzellen wurden am 10. 3. 1953 angelegt und am 18. 3. die ersten Proben entnommen. Es ist hier hervorzuheben, daß alle, auch die nicht belegten Parzellen am 10. 3. umgegraben worden waren, um eine Populationsverschiebung durch verschiedene Bearbeitungsmaßnahmen auszuschalten.

In der Folge wurden nach den Märzproben im Mai, im Juli und im September Untersuchungen in allen Parzellen durchgeführt. Erwähnt sei hier noch, daß sie am 25. 4. 1953 mit weißem Sommerrettich besät wurden, die am 12. 5. 1953 ausgedünnt und am 26. 6. geerntet wurden. Am 11. 8. 1953 wurde das Gartenstück dann mit Spinat besät, der am 5. 10. geerntet wurde. Darauf werde ich später noch eingehen.

Abb. 1 zeigt, daß die Gesamtbevölkerung der Klärschlammparzellen hinter der des Normalbodens zurückbleibt, bis etwa zum Juli, und dann annähernd gleiche Werte zeigt. Das ist ein umgekehrtes Bild, wie ich bei der Verrottung von Stallmist im Boden auf Dikopshof festgestellt hatte (1954). Dort stieg die Population der gemisteten Parzellen nach der Mistgabe über die der ungemisteten an und sank im Herbst etwa auf die Normalzahl wieder ab. Der Befund deutet also zweierlei an: 1. daß die Gabe von Klärschlamm eine Störung des Bodenlebens bedeutet; 2. daß die Rotte des Substrates in etwa 4–5 Monaten wie die des Stallmistes beendet ist. Darauf deutet auch der Zustand der in den Proben mitgestochenen Restballen hin: Sie

waren im September weitgehend erdig und krümelig, während sie in den vorhergehenden Proben noch ziemlich kompakt gewesen waren.

Im Voraufgegangenen war schon darauf hingewiesen worden, daß im Klärschlamm die Oribatiden, Nanorchestiden und Prostigmaten auffallend selten vorkamen. Abb. 2 zeigt die prozentuale Zusammensetzung der Gesamtbevölkerung in den Klärschlammparzellen im Vergleich zu der der ungedüngten Parzellen. Es muß dabei darauf hingewiesen werden, daß unter Gamasina die Laelaptiden nicht mit aufgeführt sind; diese habe ich, da sie einen wichtigen Zeigerwert besitzen, als Gruppe für sich aufgeführt.

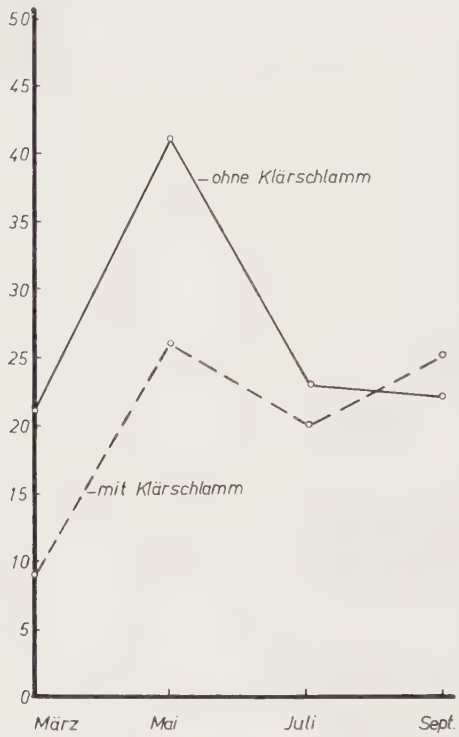

Abb. 1. Gesamtpopulation. Durchschnitt pro 100 ccm

Auch hier fällt sofort wieder die Veränderung der Lebensgemeinschaft durch die Klärschlammgabe im März auf: Die obengenannten Gruppen sind wesentlich schwächer geworden, während Gamasina, Tarsonemini und Acaridiae einen breiteren Raum einnehmen als im unbehandelten Boden. Dazu stellt sich aber nun eine neue Gruppe, die im reinen Boden nur unter 1 % vorkommt, also gar keine Bedeutung hat, ein: Die Laelaptiden. Mit 26,3 % waren sie im März die prozentual stärkste Milbengruppe, und das zur Hauptsache mit nur einen Art: *Hypoaspis* spec. Sie scheint eine charakteristische Form des frühen Rottestadiums zu sein, da sie in den folgenden Durchgängen kontinuierlich bis zum Herbst abnahm. Im September war sie dann mit 2,1 % wieder eine der schwächsten Gruppen. Franz (1950) fand *Hypoaspis aculeifer* in frischem Mist und in altem, der einen Monat im Boden war.

Ähnlich wie die Laelaptiden verhalten sich die Tarsoneminen, die in der Hauptsache mit einer Art der Pyemotiden vertreten waren, die ich auf Dikopshof (1954) als kalibedürftig angesprochen hatte. Daß diese in dem kaliarmen Normalboden nur sehr selten vorkommen, ist nicht verwunderlich. Im Klärschlamm finden sie jedoch das begehrte Mineral, bis es im Herbst, nach erfolgter Rotte, von den Pflanzen und Mikroben aufgenommen ist. Dann gehen auch die Tarsoneminen wieder zurück.

Im Gegensatz zu Laelaptidae und Tarsonemini besiedelten die Uropodinen die Klärschlammparzellen zu Anfang nicht stärker als den normalen Boden auch. Erst ab Juli, nachdem die Rotte ein bestimmtes Stadium erreicht hatte, nahm ihre Zahl merklich zu.

Die Acaridier und Gamasinen dagegen waren während der ganzen Zeit im Boden stärker vertreten. Diese bisher genannten Gruppen:

Gamasina
Laelaptidae
Tarsonemini
Acaridiae
Uropodina

bezeichne ich, da sie ja durch die Klärschlammgabe eine Förderung erfahren, als „Klärschlammfreunde".

Nun zu den anderen wichtigen Gruppen, die nach der Belegung der Parzellen eine deutliche Schwächung erfuhren. Die im Normalboden so zahlreichen Oribatiden gingen zuerst merklich zurück; diese Schädigung war aber bis zum September wieder ausgeglichen. FRANZ (1950) fand im Stallmist gleiche Befunde.

Nachhaltiger wurden die Nanorchestiden mit ihrem Hauptvertreter *Nanorchestes arboriger* verdrängt. Sie, die im Normalboden immer in großer Zahl angetroffen wurden, waren in den Proben der Klärschlammparzellen nur noch vereinzelt vertreten und blieben auch noch wesentlich schwächer, als sich die Hornmilben wieder erholt hatten.

Nanorchestes arboriger hatte ich bei meinen Untersuchungen auf Dikopshof als N-ablehnend angesprochen. Da der Klärschlamm bis zu 4 % N enthält (nach einer Vollanalyse von F. LAND), mag seine Empfindlichkeit damit zu erklären sein. Für die übrigen Prostigmaten waren die Ergebnisse nicht so eindeutig, immerhin scheint auch hier eine Hemmwirkung vorzuliegen. Diese letztgenannten Milben:

Oribatei
Nanorchestidae
Prostigmata

bezeichne ich demnach als echte „Bodentiere".

Nach diesen Befunden kann man zusammenfassend sagen, daß der Klärschlamm, der in festen Haufen gelagert wurde, also etwa wie Stapelmist behandelt worden war, in den Boden gebracht bei den Milben folgende Reaktionen hervorruft:

1. Die Gesamtbevölkerung geht zurück und erreicht erst nach 4–5 Monaten wieder die Normalhöhe.
2. Die „Bodentiere" werden mehr oder weniger verdrängt.
3. Die Rückkehr der verschiedenen gegen Klärschlamm empfindlichen Milben erfolgt zu verschiedener Zeit.
4. Die Rotte des Substrates im Boden läßt zwei Stadien erkennen:
   a. *das „Hypoaspis-Pyemotidenstadium"* und
   b. *das „Uropodinenstadium"*
   indem sich diese beiden Gruppen successiv ablösen (Abb. 3).

Bei der Betrachtung der Ernten auf den Klärschlammparzellen ergibt sich, daß der gestapelte Schlamm auf den Boden eine schädigende Wirkung ausübt: Wie aus den Erfahrungen vieler Gartenbesitzer, die darüber klagen, daß bei Klärschlammdüngung die angebauten Pflanzen stark ins Kraut schössen, der verwertbare Ertrag jedoch nicht gesteigert sei, zu erwarten war, stellte sich auch bei unseren Parzellen eine Laubgewichtssteigerung, nicht aber eine Zunahme der Rettichgröße heraus. Denn stand auf den nicht behandelten Parzellen das Rettichgewicht zum Laubgewicht in einem Verhältnis von 1 : 1,3, so war dieses Verhältnis auf den Klärschlammparzellen bis auf 1 : 2 verschoben.

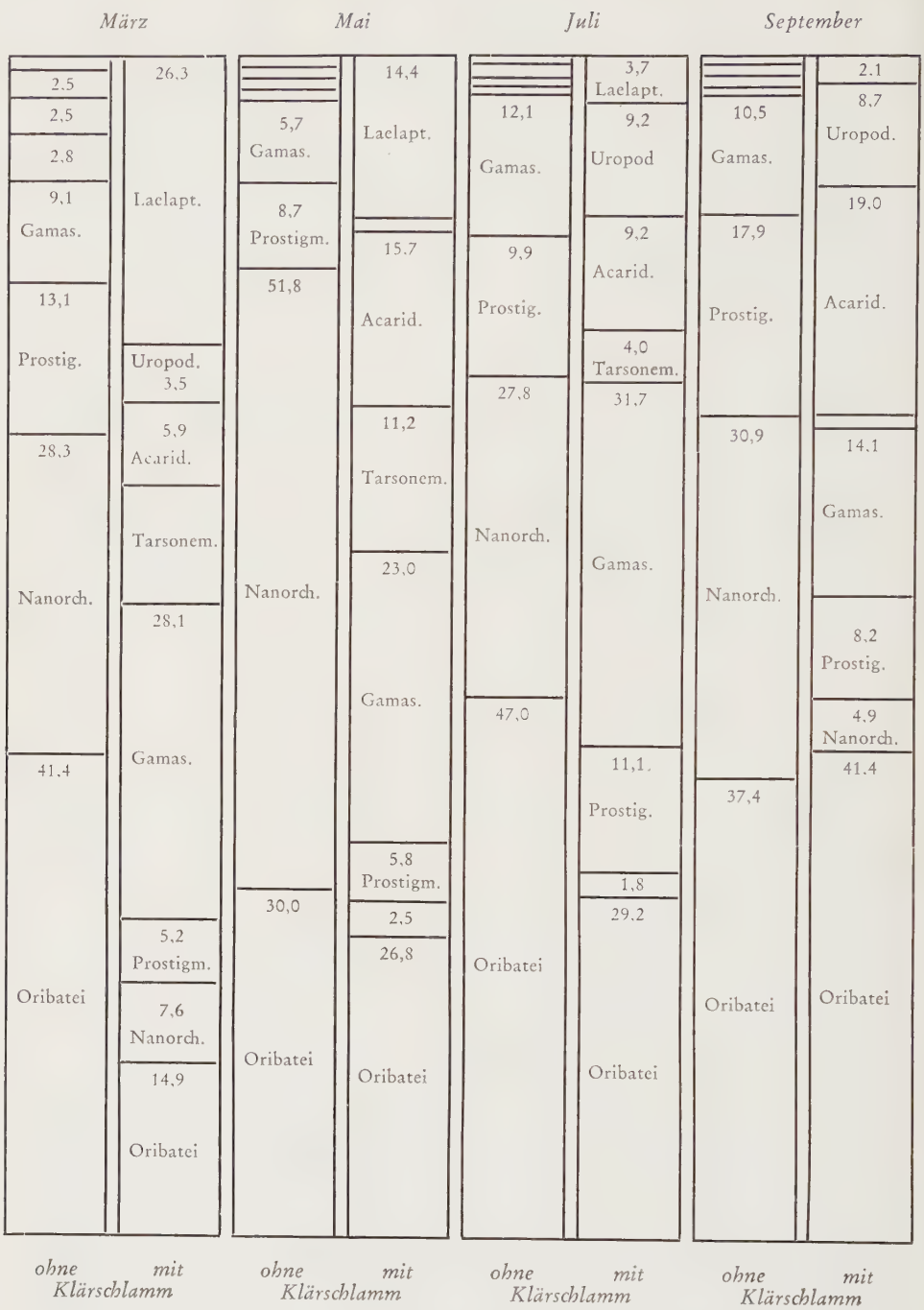

Abb. 2. Prozentualaufteilung der Milbenfauna 1953

Die Ernte des nachfolgend gebauten Spinats ergab sogar eine auffallende Keimlingshemmung, indem nur ganz vereinzelte Pflanzen überhaupt keimten, während im Normalboden alle Parzellen vollen Bewuchs trugen.

Zur Erklärung für die festgestellte Hemmwirkung stelle ich folgende Hypothese auf: Durch die feste Lagerung des Schlammes bedingt, laufen anaerobe Fermentierungsprozesse ab, deren Endprodukte die Mikroflora im Boden umstellen. Diese Umstimmung der Mikrobenwelt beeinflußt dann wiederum die Milbenfauna des betreffenden Standortes. Daß Kleintiere und Mikroben oekologische Zusammenhänge aufweisen, konnte Franz (1950) an Nematoden nachweisen.

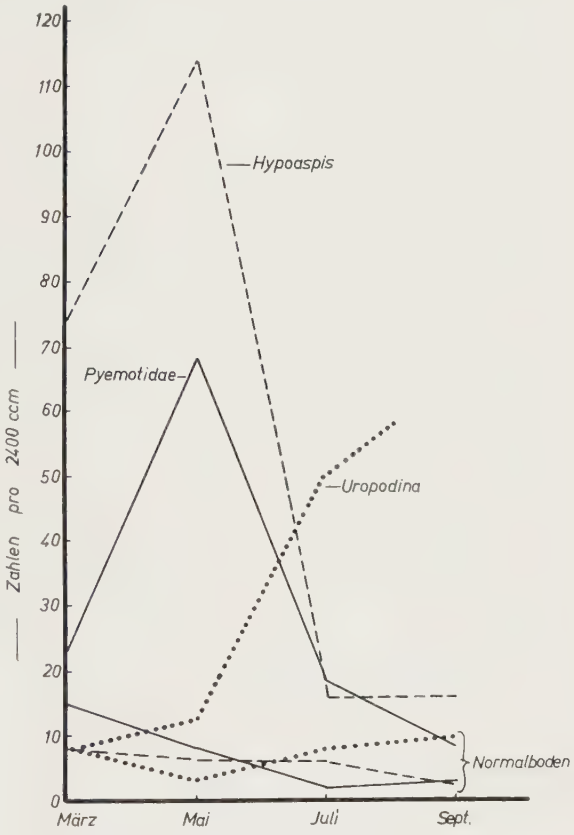

Abb. 3. Succession der Klärschlammrotte

b. Kompostschlamm

Aus den negativen Ergebnissen, die die Parzellenversuche mit Stapelmistklärschlamm ergeben hatten, erhob sich ganz von selbst die Frage, ob sich die Verhältnisse bessern, wenn der Schlamm im Kompostierungsverfahren einer aeroben Fermentierung ausgesetzt würde.

Um im Jahre 1954 hierüber Untersuchungen anstellen zu können, setzten wir am 19. 9. 1953 frischen Klärschlamm aus den Becken der städtischen Anlage in flachen Haufen an und versetzten diese im Verhältnis 3 : 1 mit Erde, um hierbei die Pufferwirkung des Bodens, der ein pH von 8 hatte, ausnutzen zu können. Bis zu seiner Verwendung als Dünger am 17. 4. 1954 wurde der Komposthaufen 4× umgesetzt. Nach 4 Monaten war er mit Regenwürmern gut durchsetzt, ein Zeichen, daß tatsächlich, im Gegensatz zu den Versuchen des vorigen Jahres, eine Kompostierung begann, und zwar unter Beteiligung aller auch sonst üblichen Tierklassen: Käfer, Tausendfüßler, Asseln, Schnecken. Vor der Einbringung des Kompostes in den Boden nahmen wir am 5. 4. 1954 aus den verschiedensten Tiefen des Haufens Proben, deren Gruppenzusammensetzung aus Abb. 4 zu ersehen ist.

Während im vorigen Jahr aus dem Lagerschlamm nach etwa 6 Monaten

fast nur Acaridier, mit ganz vereinzelten Parasitiden und Uropodinen isoliert wurden, und das nur in den oberen 12 cm, trat im Kompostschlamm eine schon aufgegliederte Milbenfauna bis zum Grunde des Substrates auf. Zwar waren von den „Bodentieren" nur vereinzelte Prostigmaten vertreten; jedoch von den „Klärschlammfreunden" fand ich die Laelaptiden und Tarsoneminen ziemlich stark vertreten, die ich im Klärschlammhaufen ja nie, sondern erst nach deren Einbringung in den Boden angetroffen hatte.

Die Uropodinen, die erst in einem späteren Rottestadium die Klärschlammparzellen bevorzugt hatten, waren, wie erwartet, nur unter 1 % vertreten.

Es bahnt sich, abgesehen vom völligen Fehlen der Oribatiden und Nanorchestiden also schon ein „Hypoaspis-Pyemotidenstadium" der Verrottung an.

Um nun zu prüfen, ob die Reaktion der Tiere auch im Boden eine andere sei, als die auf Stapelschlamm, beschickten wir 6 Parzellen mit diesem kompostierten Dünger. Bei der nachfolgenden Auswertung lasse ich wiederum 2 dieser Parzellen, wie schon bei der des Vorjahres aus, um sie später gesondert zu betrachten. Eine andere Parzelle wurde zum Vergleich mit frischem Pferdestallmist beschickt, so daß ich jetzt ungedüngten, mit Stallmist gedüngten und mit Klärschlammkompost belegten Boden nebeneinander beobachten konnte.

Abb. 4. Populationszusammensetzung im Kompost

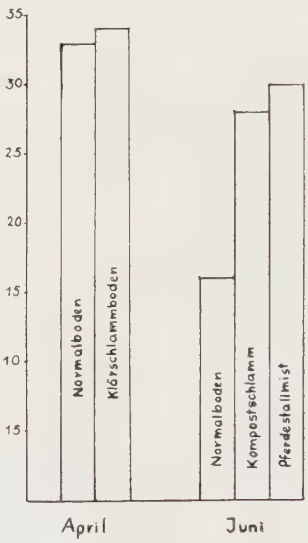

Abb. 5. Populationsvergleich 1954 (Zahlen pro 100 ccm)

Vor der Düngung wurden im April alle Parzellen auf ihren Milbengehalt geprüft. Nach der Düngung bestellten wir die Parzellen wieder mit Sommerrettich und nahmen die nächsten Proben im Juni, d. h. also, 2 Monate nach der Einbringung des organischen Düngers in den Boden. Damit stehen sie der Maiprobe des Vorjahres gleich, die ja ebenfalls 2 Monate nach der Düngung erfolgte.

Die Aprilproben sollten Auskunft geben, wie weit die Klärschlammwirkung des Vorjahres nun ausgeglichen war. Die Gesamtbevölkerung stand im Verhältnis von 33,3/100 ccm auf Normalboden zu 34/100 ccm auf Klärschlammboden. Sie kann als gleich angesprochen werden (Abb. 5).

Im Juni war die Population, wohl der anhaltenden Trockenheit wegen, auf dem Boden, der keine organische Düngung erhalten hatte, auf weniger als die Hälfte abgesunken, während sie in den gedüngten Parzellen nur wenig sank und mit 27,7/100 ccm die erstere weit übertraf. Auch der mit Pferdestallmist gedüngte Boden war mit 30/100 ccm wesentlich höher besiedelt.

Es zeigt sich also jetzt schon, bei der Betrachtung der Gesamtbevölkerung, daß der kompostierte Klärschlamm eine ganz andere Wirkung auf die Bodentiere hat, als der Stapelschlamm, der ja die Besatzzahlen unter die des Normalbodens gedrückt hatte. Wie auch Stallmist (HÖLLER 1954) fördert er die Gesamtzahl der edaphischen Kleintiere. Abb. 6 zeigt die prozentuale Zusammensetzung in den verschieden behandelten Böden, wie sie sich in den Probenreihen im April, vor der Düngung, und im Juni ergeben hatte. Die Wirkungen der vorjährigen Klärschlammgabe waren danach soweit ausgeglichen, daß neben dem Ausgleich der Gesamtbevölkerungszahl nun die Oribatiden in normaler Stärke vertreten waren. Auch die Nanorchestiden und Prostigmaten hatten sich wieder erholt, wenn sie auch die Prozentzahl des unbehandelten Bodens noch nicht erreichten. Die Acaridier waren wieder auf ihre geringen Prozentanteile zurückgegangen, und nur Gamasina und Uropodina wurden noch, wie im September, merklich verstärkt angetroffen.

Bei einem Vergleich der Juniproben mit denen des vorjährigen Mai ergibt sich, daß im Gegensatz zum Stapelschlamm hier im Kompostschlamm nach der gleichen Zeit im Boden das „Hypoaspis-Pyemotidenstadium" schon abgeklungen ist. Ich hatte ja nachgewiesen, daß dieses Rottestadium bei der Kompostbehandlung in den Komposthaufen verlegt war. Ferner fällt auf, daß die Oribatiden nur gering geschwächt wurden, und die Nanorchestiden zwar deutlich schwächer waren als im unbehandelten Boden, jedoch nicht so konsequent verdrängt worden sind, wie nach der Behandlung mit Stapelschlamm. Im Ganzen sieht die Faunenzusammensetzung etwa so aus wie im vorjährigen September. Das bedeutet, daß mit dem Kompostierungsverfahren die Vorgänge der jungen Rotte über den Boden verlegt werden: Es wandern die Tiere, die gegen die schädigenden Wirkungen des relativ jungen Klärschlammes resistent sind, ein und leisten die Vorarbeit. Wird dann, in diesem Falle nach 7 Monaten, der Kompost in die Erde gebracht, so ist der für die Bodentiere schädliche Faktor schon abgeklungen, das Gesamtfaunenbild wird nicht in solch scharfer Weise verändert, wie sonst. Ferner ist die Kompostierung noch nicht bis zur Mineralisierung fortgeschritten, von übermäßigem Substanzverlust kann keine Rede sein.

Das bei der vorjährigen Ernte so schlechte Rettich-Laubverhältnis von 1 : 2 ist in diesem Jahre auf 1 : 1,6 gedrückt worden.

In der Parzelle mit Pferdestallmist, der frisch von der Düngerstätte tierfrei in den Garten gebracht worden war, änderte sich die Faunenaufteilung derart, daß die Oribatiden zwar etwas gefördert, die Nanorchestiden dafür fast ganz verdrängt wurden. Die Gamasinen nahmen ebenfalls etwas zu und die anderen Gruppen blieben in ihren normalen Prozentanteilen erhalten.

c. Trockenschlamm

In den Parzellenversuchen war immer wieder aufgefallen, daß alter Klärschlamm von den Milben lieber angenommen wurde, als frischer. Dieser hat einen stark unangenehmen Geruch, der dem abgelagerten fehlt. Davon ausgehend wollten wir herausfinden, ob es möglich sei, den Klärschlamm künstlich zu altern, d. h. durch Wärme nämlich die Produkte der anaeroben Umsetzung auszutreiben und ferner das Substrat durch Austrocknen poröser zu machen.

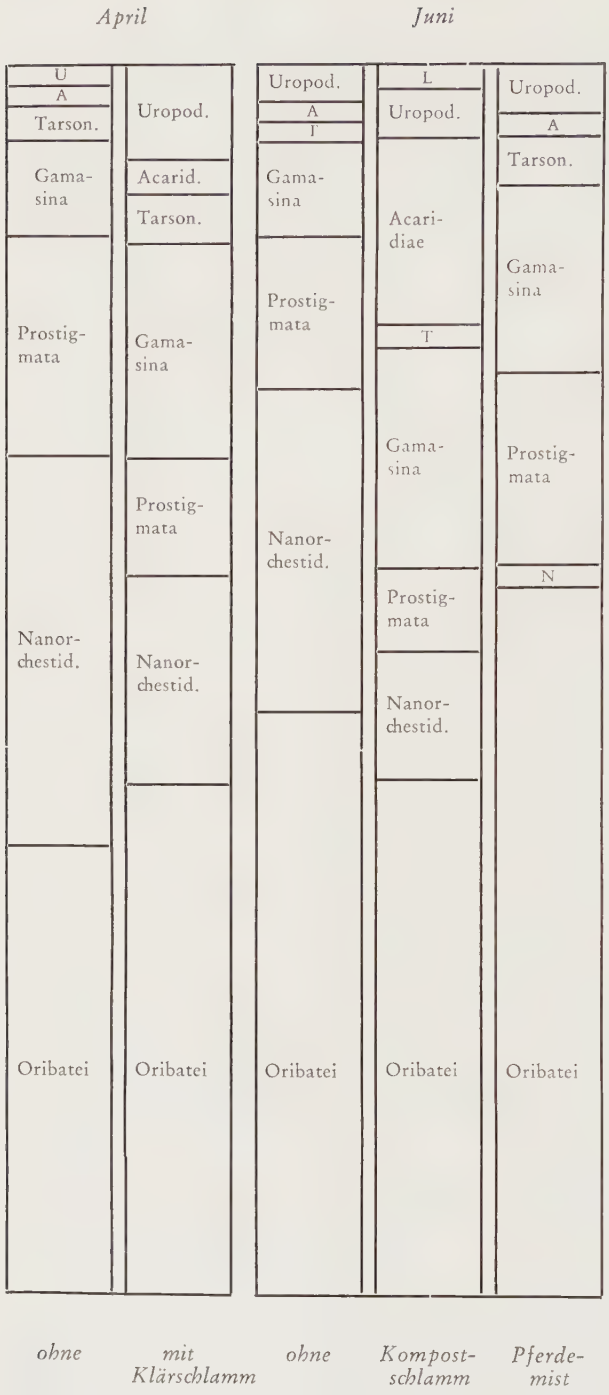

Abb. 6. Prozentualaufteilung der Population 1954

Zu diesem Zweck breiteten wir eine Lage frischen Klärschlammes von etwa 3 cm Dicke auf einem etwas erhöht stehenden Drahtrost aus und bestrahlten sie 48 Stunden lang mit 200-Watt-Lampen. Nach dieser Zeit war das Material vollkommen trocken und der (Sulfid?)-geruch war nicht mehr zu bemerken.

Ein Teil dieses so getrockneten Klärschlammes wurde nun zerstoßen und mit tierfreier Erde im Verhältnis 2 : 1 vermischt. Es sollte nun untersucht werden, ob Besiedelungsunterschiede beständen zwischen frischem, getrocknetem und getrocknet-zerstoßenem und mit Erde vermischtem Klärschlamm. Das jeweils zu besiedelnde Substrat wurde in Körbchen aus Drahtgeflecht (Maschenweite 0,5 × 0,5 cm) von 5 × 5 × 5 cm Umfang gefüllt, die am 26. 10. 1953 in die Erde eingesetzt wurden. Wir setzten drei Versuchsgruppen zu je drei Körbchen an, von denen Nr. 1 frischen, Nr. 2 getrockneten und Nr. 3 zerstoßenen Klärschlamm enthielten. Diese Gruppen wurden an verschiedenen Stellen des Gartens eingesetzt. Am 1. 11. 1953, also nach 6 Tagen, beendeten wir den Ver-

such und der Inhalt der einzelnen Körbchen wurde im Berlese-Automaten getrennt isoliert.

In der nachfolgenden Tabelle sind die gefundenen Arten verzeichnet:

Gruppe	frischer Kl.-Schl.	getrockn. Kl.-Schl.	zerstoß. getrockn. Kl.-Schl.
Gamasina	Parasitidae Macrocheles /	Parasitidae Macrocheles /	Parasitidae Macrocheles Rhodacarus
Laelaptidae	Hypoaspis Hyletastinae	Hypoaspis Hyletastinae	Hypoaspis Hyletastinae
Oribatei	/ /	Hypochthonius luteus	Hypochthonius luteus Tectocepheus velatus
Prostigmata	/	Eupodes	Eupodes
Tarsonemeni	/	/	Pyemotidae
Acaridiae	Anoetus Caloglyphus /	Anoetus Caloglyphus Rhizoglyphus	Anoetus Caloglyphus Rhizoglyphus
Uropodina	/	Uropoda	Uropoda
Artenanzahl:	6	10	13

Im frischen Klärschlamm wurden 6 Arten festgestellt, und zwar nur Gamasina, Laelaptidae und Acaridae, also die Gruppen, die ich bei den Parzellenversuchen als „Klärschlammfreunde" bezeichnet hatte. Es fehlen jedoch dabei die Uropodina, die ja auch in den Parzellen erst in einem späten Rottestadium auftraten. Im getrockneten Klärschlamm verbreitert sich das Artenspektrum auf 10. Es treten hier die *Uropoda* spec., von den Oribatiden *Hypochthonius luteus*, der Prostigmat *Eupodes* spec. und zu den Acaridiern noch *Rhizoglyphus echinopus* hinzu. Den getrockneten, zerkleinerten und mit Erde vermischten Schlamm endlich besiedelten 13 Arten, indem nun noch *Tectocepheus velatus*, eine Art der *Pyemotiden* und *Rhodacarus roseus* hinzukamen. Es ist also schon am Artenspektrum festzustellen, daß der künstlich gealterte Klärschlamm außer von „Klärschlammfreunden" auch von echten „Bodentieren" besiedelt wird.

Abb. 7 zeigt die zahlenmäßige Zusammensetzung der Funde und hier wird es klar, daß der gestoßene Trockenschlamm bei weitem am stärksten mit Milben besetzt war. Es fällt aber auch auf, daß ein großer Anteil der eingewanderten Milben von *Hypoaspis* spec. eingenommen wird. Das beweist, daß das Zurückgehen dieser Tiere im Herbst während der Rotte des Klärschlammes im Boden nicht, wie man vielleicht annehmen könnte, jahreszeitlich bedingt war, sondern, wie ich vermutete, vom Rottezustand abhängig war.

Abschließend ist zu diesem Versuch zu sagen, daß eine künstliche Alterung des von den Milben gemiedenen frischen Klärschlammes insofern gelingt, als der behandelte Schlamm nun auch von „Bodentieren" besiedelt wird. Mit diesem gealterten Klärschlamm wurde, gleichzeitig mit der Düngung der an-

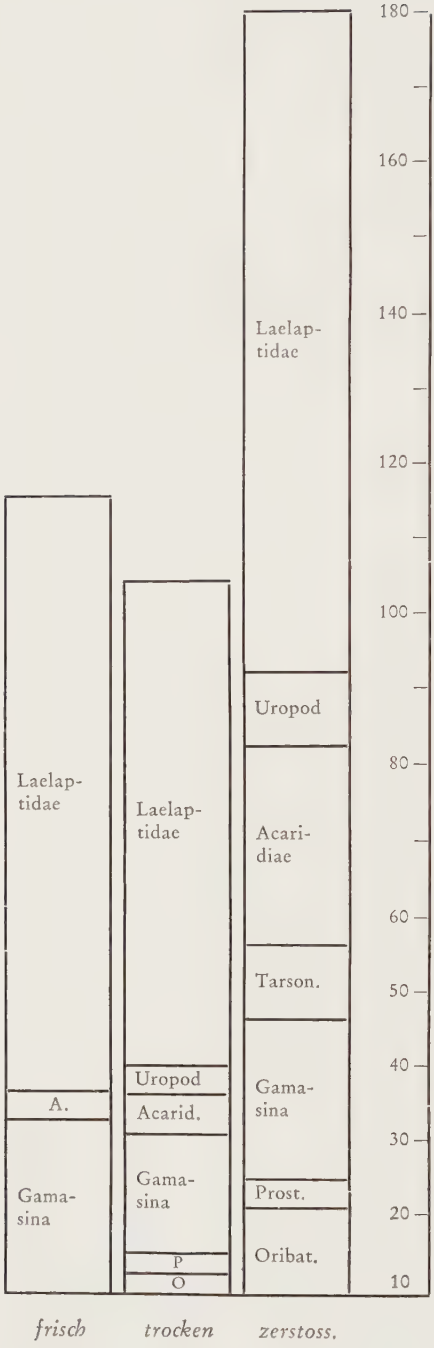

Abb. 7. Besiedelungsvergleich

deren, eine Parzelle belegt. Auch von ihr wurden im Juni Proben genommen. Hier erwies es sich nun, daß sie mit 35 Milben/100 ccm die stärkste Bevölkerung zeigte, stärker, als die mit Kompostschlamm (27, 7) und ebenfalls stärker als die mit Pferdestallmist (30).

Die prozentuale Aufteilung der Gesamtbevölkerung dieser Trockenschlammparzelle, die Abb. 8 wiedergibt, deute ich folgendermaßen: Es besteht im Wesentlichen eine Übereinstimmung mit der Milbenfauna der Kompostklärschlammparzellen, jedoch mit dem Unterschied, daß Tarsonemini und Laelaptidae ganz verschwunden sind, die Uropodinen dagegen wesentlich stärker auftreten. Das dürfte auf einen reiferen Rottezustand schließen lassen, da ja die Uropodinen erst im späten Rottestadium das Substrat annehmen. Außerdem treten die Acaridier schwächer in Erscheinung als im Kompostschlamm. Die Ernte gibt mit 1 : 1,2 ein wesentlich besseres Rettich-Laubverhältnis, als Kompost mit 1 : 1,6 und Pferdestallmist mit 1 : 1,7, so daß man sagen kann, daß die künstliche Alterung des Klärschlammes durch Austrocknung die günstigste der von uns untersuchten Behandlungsweisen des Klärschlammes ist.

5. Verschiedene Reaktion der Milben bei Zusatz verschiedener Mineraldünger

Neben dem im ersten Kapitel erwähnten, seit dem 1. Aug. 1952 lagernden Klärschlammhaufen war zur gleichen Zeit einer angelegt worden, der mit gelöschtem Baukalk bestreut worden war. Am 25. Jan. 1953 wurden auch aus diesem Proben genommen. Bei der Entnahme fiel auf, daß das Material wesentlich trockener und bis zum Grunde porös und

krümelig war. Besiedelt war es mit ganz vereinzelten Gamasinen (*Pergamasus crassipes*), Oribatiden (*Trichoribates* spec., *Ceratozetes gracilis*), Tarsonemini (*Pyemotidae*) und sehr großen Massen von Deutonymphen der Art *Caloglyphus mycophagus*. Es sah die Besiedelung des Ca-Klärschlammes an allen Stellen gleich aus: Pro 100 ccm wurden mehrere Tausend dieser Deutonymphen gefangen, so daß ein genaues Auszählen unmöglich war. Auffallenderweise wurden keine adulti dieser Art gefangen. Demnach hat es den Anschein, als ob gerade das Entwicklungsstadium Deutonymphe dieses stark gekalkte Substrat besonders vorzöge. Daß eine solch einseitige Überbevölkerung nicht günstig sein kann, versteht sich von selbst, zumal wenn man bedenkt, daß die Deutonymphen der Acaridier sich an der Aufbereitung organischen Materials nicht beteiligen können, da ihnen Mundwerkzeuge vollkommen fehlen (Vitzthum 1943).

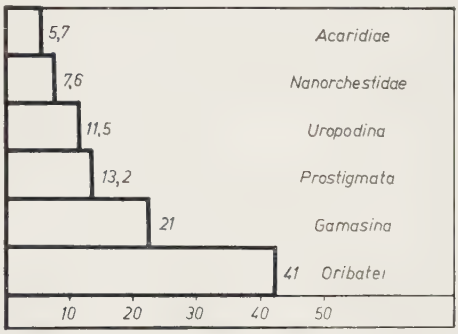

Abb. 8. Prozentualverteilung der Trockenschlammparzelle

Immerhin legte uns dieser Befund den Gedanken nahe, zu erproben, ob auch andere Mineralien einen wesentlich verschiedenen Einfluß auf die Kleintierfauna des Klärschlammes hätten. Daß unterschiedliche Mineraldüngung die Arten der bodenbewohnenden Kleinarthropoden verschieden beeinflußt, konnten wir in Untersuchungen des Dikopshofer Dauerdüngungsversuchs nachweisen (Land 1954, Höller 1954). Die letztgenannten Untersuchungen mit Klärschlamm liefen gleichzeitig mit den oben beschriebenen Arbeiten. Die organische Düngung der einzelnen Parzellen war mit verschiedenen Handelsdüngern versetzt, wie es die Tabelle angibt. Zum Vergleich waren auch die nicht mit Klärschlamm beschickten Parzellen verschieden mineralgedüngt.

a. Stapelschlamm

Bei der Verfolgung der Reaktion der Milben in den Klärschlammparzellen mit verschiedenem Mineralzusatz fällt zweierlei auf: 1. halten sich die „Bodentiere", die ja in den Klärschlammparzellen eine deutliche Dezimierung erfahren, auf Parzelle 8 (mit Kalkstickstoff) am längsten und wenn sie später in den belegten Boden zurückkommen, so geschieht das zuerst auf die Gartenstücke, die Mineraldüngung mitbekommen hatten ohne besondere Bevorzugung, während sie die Parzellen mit reinem Klärschlamm nur sehr zögernd wieder annehmen. Wiederum ein Beweis für die Abhängigkeit der Milben von dem Mineralgehalt des Bodens.

2. Wesentlich wichtiger scheint mir ein anderer Befund zu sein, da er Hinweise gibt für die Art der Rotte des Klärschlammes. Wie ich oben schon anführte, hatte ich in dem gelagerten Schlamm, der mit Baukalk versetzt war, große Massen von Deutonymphen der Art *Caloglyphus mycophagus* festgestellt. Mit diesem Substrat düngten wir im Jahre 1953 die Parzelle 5. Im Verlauf der nun folgenden Probendurchgänge fand ich immer wieder in Par-

zelle 5 diese Deutonymphe massenhaft, jedoch nur wenige adulti der Art. Niemals breiteten sich die Tiere in größerer Anzahl auf die Nachbarparzellen aus, die ja auch mit Klärschlamm gedüngt waren. Es war also klar, daß

Parzelle	Organische Düngung	Anorganischer Zusatz
1	ohne	ohne
2	abgelagerter Klärschlamm	ohne
3	frischer Klärschlamm	ohne
4	frischer Klärschlamm	ohne
5	abgelagerter Klärschlamm	gelöschter Baukalk
6	ohne	ohne
7	abgelagerter Klärschlamm	Thomasmehl
8	abgelagerter Klärschlamm	Kalkstickstoff
9	abgelagerter Klärschlamm	Kali
10	abgelagerter Klärschlamm	7+8+9 = Volldüngung
1a	ohne	7+8+9 = Volldüngung
2a	ohne	Thomasmehl
3a	ohne	Kalkstickstoff
4a	ohne	Kali

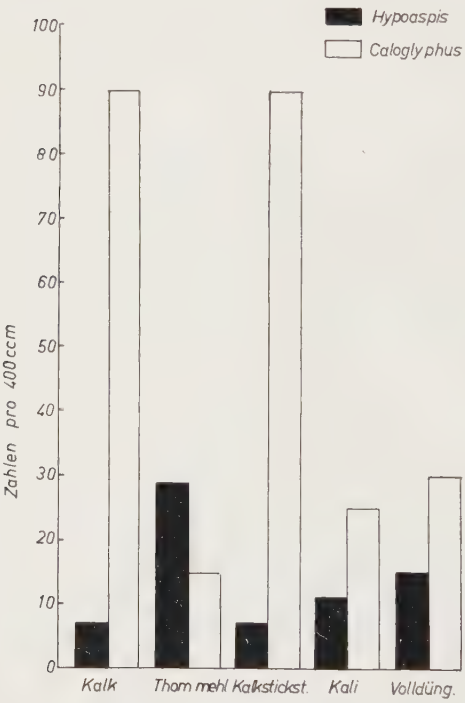

Abb. 9. Hypoaspis- Caloglyphusverteilung

Caloglyphus, zumindest als Deutonymphe dieses stark kalkhaltige Substrat vorzieht. Nach etwa 2 Monaten fand ich die gleichen Tiere, diesmal allerdings auch Erwachsene, in wesentlich erhöhter Zahl auch auf Parzelle 8 (Kalkstickstoff) wiederum ein Hinweis, daß kalkiges Material vorgezogen wird. Da ich die Acaridier in den Parzellen ohne Klärschlamm, die eine entsprechende Mineraldüngung erfahren hatten, nicht antraf, steht fest, daß sie durch Vorgänge angelockt werden, die ablaufen, wenn der Klärschlamm unter Kalkzusatz verrottet. Das stärkere Auftreten der adulti auf Klärschlamm + Kalkstickstoff mag darauf hindeuten, daß für diese die Baukalkgabe *zu* stark war und sie die schwächer konzentrierte Kalkstickstoff-Klärschlammparzelle vorzogen.

Nun tritt nach KÜHNELT (1950) *Caloglyphus mycophagus* „bei Fäulnisprozessen in großen Massen auf". Es blieb also zu untersuchen, ob hierfür auch in diesem Zusammenhang Anhaltspunkte vorliegen. Als erstes fiel auf, daß in den Parzellen mit Baukalk bzw. Kalkstickstoffzugabe *Hypoaspis* spec., die Art, die ich für ein frühes Rottestadium als charakteristisch angab, nur ganz vereinzelt auf-

trat. Das unterstützt die Vermutung, daß in den Parzellen mit Kalkzusatz Prozesse mit schädlichen Endprodukten ablaufen, insofern, als man annehmen kann, daß *Hypoaspis* nur in die „gesunde" Rotte des organischen Materials eingreift. Bei auftretenden „Fäulnisprozessen" bleibt sie jedoch aus und überläßt der Massenbevölkerung von *Caloglyphus* das Feld. Abb. 9 zeigt die Verteilung der beiden Arten in den mineralversetzten Klärschlammparzellen.

Die Parzellen 5 und 8 sind diejenigen, die ich in der vorhergehenden Gesamtauswertung unberücksichtigt ließ, da die Ansammlungen des Acaridiers in dem dort besprochenen Zusammenhang ein falsches Bild hervorgerufen hätten.

Neben diesem tierökologischen Ergebnis geben die Ernten des Jahres 1953 einen wertvollen Hinweis. Auf Abb. 10 sind die Durchschnittsgewichte der Rettiche (Knollengewichte) pro Parzelle eingetragen. Auch hier stehen die Parzellen 5 und 8 hinter den anderen zurück. Nach Kühnelt (1950) treten bei Fäulnis im Boden Amine und Phenole auf, die Fourman für die Hemmung der Samenkeimung verantwortlich macht. Wir konnten schon beim Aufgehen der Saat feststellen, daß die Kalk- und Kalkstickstoffparzellen hinter den anderen zurückblieben, also eine Keimlingshemmung zeigten.

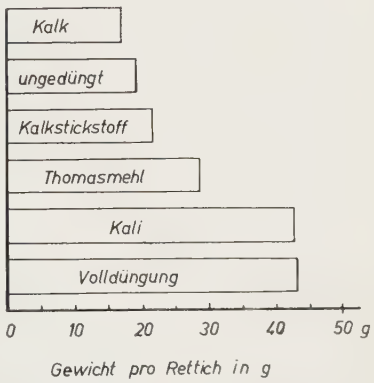

Abb. 10. Rettichernte der Klärschlammparzellen 1953

Noch extremer deutete die Spinaternte auf eine Keimlingshemmung hin: Nur in Parzelle 9 (abgelagerter Klärschlamm + Kali) gingen überhaupt Sämlinge auf. Diese Parzelle ist aber die einzige, deren Mineralzusatz Kali keinen Kalk enthielt. Thomasmehl und die Volldüngung haben ja ebenfalls Kalk in hohen Anteilen.

b. Kompostschlamm

Traten in den mit Kompost behandelten Parzellen ebenfalls diese durch *Caloglyphus mycophagus* nachgewiesenen schädlichen Prozesse bei Zusatz von Kalk und Kalkstickstoff auf? Ich muß bei dieser Betrachtung auf einen Vergleich der *Hypoaspis* mit *Caloglyphus* verzichten, da ich ja oben schon beschrieb, daß das „*Hypoaspis*-Stadium" in den Komposthaufen verlegt war und diese Art im Boden nicht mehr in Erscheinung trat.

Im Jahre 1954 hatten wir eine weitere Parzelle noch mit Superphosphat behandelt, so daß nun zu vergleichen ist: Parzelle 1 = ohne Düngung; 2 mit getrocknetem Schlamm; 3 Kompost + Superphosphat; 4 Pferdestallmist; 5 Kompost + gelöschter Baukalk; 7 Kompost + Thomasmehl; 8 Kompost + Kalkstickstoff; 9 Kompost + Kali; 10 Kompost + Volldüngung (3 + 8 + 9).

Auf Abb. 11 habe ich sowohl das Vorkommen der Exemplare von *Caloglyphus*, als auch die Ergebnisse der Rettichernte im Durchschnittsrübengewicht festgehalten. Wieder fällt auf: Wo *Caloglyphus* in Massen auftritt, auf Parzelle 8, ist die schlechteste Ernte zu verzeichnen. Auch 5 zeigt noch relativ

hohe *Caloglyphus*-Besiedlung und einen schlechten Rettichdurchschnitt. Hinzu kommt nun noch Parzelle 7 mit Thomasmehl, wo nun auch die Zahl der fäulnisanzeigenden Acaridier zunimmt.

Das beste Ergebnis der Kompostparzellen wurde auf 3, mit Superphosphatzusatz, das ja bedeutend weniger Ca enthält, als Thomasmehl z. B. erreicht. *Caloglyphus* fand ich in dieser Parzelle überhaupt nicht. Als sehr gut ist auch die Parzelle zu bezeichnen, die getrockneten Schlamm als Düngung erhielt: Sie steht im Ertrag der Superphosphatparzelle nicht viel nach. Und

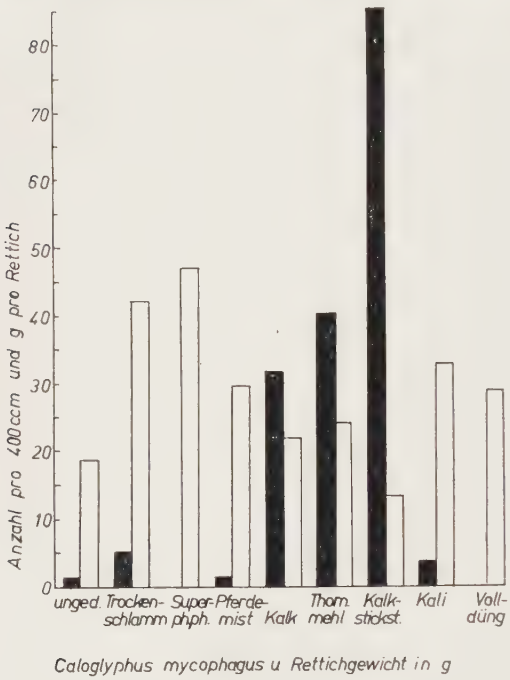

Abb. 11. Caloglyphusbesatz und Rettichernte der Klärschlammparzelle 1954

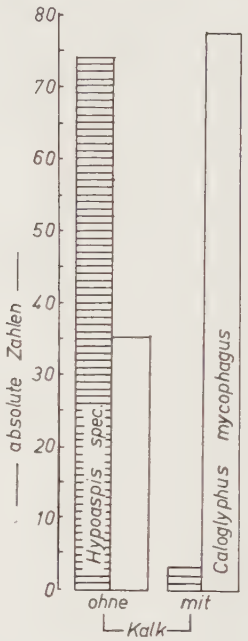

Abb. 12. Besiedlungsunterschied im Klärschlamm

das ohne jede mineralische Düngung! Es ist ohne weiteres denkbar, daß sie bei Zusatz von Superphosphat noch höhere Ergebnisse erbracht hätte.

Zusammenfassend zu den Versuchen der Klärschlammparzellen mit verschiedenem Mineralzusatz ist also zu sagen: Verschiebungen in der Milbenpopulation sind insofern festzustellen, als bei der Rückkehr der klärschlammverdrängten „Bodentiere" die mineralbehandelten Parzellen vorgezogen werden und daß bei Zugabe von stark kalkhaltigen Mineralien wohl durch ablaufende Prozesse mit schädlichen Endprodukten, die Population des Acaridiers *Caloglyphus mycophagus* steigt, die des Frührottetieres *Hypoaspis* spec. absinkt.

Um Zufälligkeiten bei der Parzellenbeobachtung ausscheiden zu können, wurde diese Verschiebung *Hypoaspis-Caloglyphus*, die m. E. für die Behandlung des Klärschlammes von ausschlaggebender Wichtigkeit ist, in einem Besiedelungsversuch überprüft. Ich verwandte wieder die oben schon beschriebenen Körbchen, und zwar wurden am 1. 12. 1953 zwei Versuchsgruppen in

die Erde gesetzt. Beide bestanden aus je drei Besiedelungskörbchen: Die der Versuchsgruppe 1 waren mit getrocknetem Klärschlamm, die der Gruppe 2 mit getrocknetem und stark gekalktem Schlamm gefüllt.

Am 7. 12. 1953 wurde der Versuch aus dem Boden genommen, und die darin befindlichen Tiere im Berlese-Automaten isoliert. Abb. 12 zeigt das Ergebnis. Nach 6 Tagen schon ist zu sehen, daß im gekalkten Substrat *Caloglyphus* wesentlich stärker vertreten war, und *Hypoaspis* ganz zurücktrat. Damit dürfte der Beweis erbracht sein, daß meine oben angeführte Annahme berichtigt ist.

6. Die Wanderfähigkeit der Bodenmilben

Zum Schluß sollte die Frage geklärt werden, ob es den Bodentieren möglich ist, im Boden *aktiv* das von ihnen bevorzugte Milieu aufzusuchen. In dem von Land (1955) beschriebenen Kreuzversuch konnte ich für *Hypoaspis* spec., *Caloglyphus mycophagus* und *Rhizoglyphus echinopus* nachweisen, daß sie in 10 Tagen eine Strecke von mindestens 65 cm überwinden können, um ein bevorzugtes Milieu aufzusuchen.

7. Zusammenfassung der Ergebnisse

In vorliegender Arbeit wurde versucht, den Verlauf der Rotte von Klärschlamm an Hand der Milbenpopulation zu verfolgen und festzustellen, ob Klärschlamm nach verschiedener Behandlungsweise in unterschiedlicher Form im Boden wirkt. Dabei sollte dann die evtl. vorteilhafteste Art, das Substrat zu behandeln, festgestellt werden. Die Hauptergebnisse sind folgende:

1. Frischer Klärschlamm aus dem Becken der städtischen Anlagen verdrängt, in den Boden gebracht, die Milben vollständig. Eine Wiederbesiedelung erfolgt erst nach längerer Zeit sehr zögernd.
2. Gestapelter Klärschlamm wird sehr langsam von der Oberfläche her besiedelt: Nach 5½ Monaten sind die oberen 12 cm des Stapels mit Milben besetzt. In den tieferen Schichten fehlt die Atemluft.
3. Bei der Besiedelung des Klärschlammes sind hauptsächlich Gamasina, Laelaptidae und Acaridiae beteiligt. Oribatei, Nanorchestidae und Prostigmata fehlen.
4. Nach Einbringen von Stapelklärschlamm in den Boden werden die letztgenannten Gruppen verdrängt, während die ersteren und gleichzeitig die Tarsoneminen zunehmen.
5. Die Gesamtmilbenbevölkerung der Stapelklärschlamm-Parzellen sinkt unter die des Normalbodens ab und erreicht erst nach 4 Monaten etwa wieder die gleiche Höhe.
6. Nach den charakteristischen Vertretern kann man 2 Rottestadien des Klärschlammes unterscheiden: 1. das „Hypoaspis-Pyemotiden-" und 2. das „Uropodinenstadium".
7. Auf die Anbaupflanzen wirkt Stapelschlamm keimlingshemmend. Bei Rettichen wird außerdem eine ungünstige Verschiebung des Rettich-Laubverhältnisses bewirkt.
8. Bei der Kompostierung (7 Monate) des Schlammes wird das „Hypoaspis-Pyemotidenstadium" schon in den Komposthaufen verlegt.

9. Nach Einbringen kompostierten Klärschlammes in den Boden steigt die Gesamtmilbenbevölkerung auf fast das Doppelte des Normalbodens an.
10. Die Schädigung der eigentlichen Bodenmilben ist mit kompostiertem Substrat wesentlich schwächer als mit Stapelschlamm.
11. Nach 2 Monaten im Boden sieht das Faunenbild etwa so aus, wie bei Gabe von gestapeltem Klärschlamm erst nach 6 Monaten.
12. Bei den Anbaupflanzen ist ein besseres Rettich-Laubverhältnis zu verzeichnen, als bei Stapelschlamm.
13. Es gelingt, frischen Klärschlamm durch starke Wärmebestrahlung künstlich zu altern. Wird dieses Substrat zerstoßen und mit Erde vermischt, so wird es sofort stark von Milben besiedelt. Auch „Bodentiere" suchen dieses Material auf.
14. Nach der gleichen Zeit der Lagerung im Boden ist bei getrocknetem Klärschlamm ein reiferer Rottegrad erreicht, als bei Kompostschlamm.
15. Fäulnisanzeigende Acaridier *(Caloglyphus mycophagus)* treten in der Trockenschlamm-Parzelle in geringerem Anteil auf, als in Kompost-Parzellen.
16. Die Ernte zeigt bei Düngung mit Trockenschlamm ein besseres Rettich-Laubverhältnis, als bei Zugabe von Kompost, bzw. Stallmist.
17. Die „Bodentiere" ziehen bei ihrer Rückkehr in die Klärschlammparzellen diejenigen vor, deren organische Düngung mit Mineralien versetzt war.
18. Bei Zugabe von stark kalkhaltigen Mineralien (Baukalk, Kalkstickstoff, Thomasmehl) zeigen starke Populationen von *Caloglyphus mycophagus* Fäulnisprozesse an; gleichzeitig greift dann *Hypoaspis* fast gar nicht in die Frührotte ein.
19. Alle Parzellen mit hoher *Caloglyphus*zahl haben eine schlechte Ernte.
20. Bei Zusatz von Superphosphat bleibt *Caloglyphus* aus, und gute Ernteergebnisse waren zu verzeichnen.

Summary

This work shows, on the basis of the mite population, how sewage sludge affects the soil after various treatments. Fresh sewage sludge completely removes the mites, recolonization by Gamasina Laelaptidae and Acaridae takes place very slowly, whilst Oribatei, Nanorchestidae and Prostigmata are absent. The latter are removed by the use of staple sewage sludge, which inhibits the germination of plants, whilst the former, and also the Tarsoneminae, increase. The total mite population, however, falls below that of normal soil and only reaches this level again after four months. The two stages of decomposition are the 'Hypoaspis-Pyemotidae' an the 'Uropodinae' stage. With the composting of the sludge, the 'Hypoaspis-Pyemotidae' stage is already present in the compost heap and after application to the soil the total mite population rises to almost twice that of normal soil. The faunal picture is the same after two months as with sewage sludge after six months, also the leaf/radish ratio is better. Sewage sludge artificially aged by heat, mixed with soil, is immediately colonized by mites and soil animals and reaches a riper degree of decomposition than composted sludge and fewer putrefaction indicating mites are present; the leaf/radish ratio is also better than with compost or stable manure. With minerals containing much lime,

the decomposition process is indicated by Caloglyphus mycophagus, the yield is poorer and Hypoaspis scarcely occurs in the early stage. With the addition of superphosphate, Caloglyphus is absent and good yields are obtained.

Liste der gefundenen Arten

Oribatei: Sie werden nach Einbringen von Klärschlamm in den Boden anfangs dezimiert.

1. *Ceratozetes gracilis*
2. *Hoploderma striculum*
3. *Tectocepheus velatus*
4. *Oribotritia loricata*
5. *Nothrus biciliatus*
6. *Nothrus silvestris*
7. *Nothrus pratensis*
8. *Eremobelba pectinigera*
9. *Amerobelba decedens*
10. *Oribatula spec.*
11. *Belba pulverulenta*
12. *Zygoribatula terricola*
13. *Heminothrus spec.*
14. *Damaeolus laciniatus*
15. *Carabodes areolatus*
16. *Sphaerozetes spec.*
17. *Eohypochthonius hölleri*
18. *Scutobelba subtrigona*
19. *Oppia minus*

Die folgenden Oribatiden bevorzugen Böden, die reich an organischen Substanzen sind.

20. *Oppia quadricarinata*
21. *Oppia fallax*
22. *Oppia fallax var. obsoleta*
23. *Oppia clavipectinata*
24. *Oppia neerlandica*
25. *Oppia concolor*
26. *Brachychthonius brevis*
27. *Hypochthonius rufulus*
28. *Hypochthonius luteus*
29. *Hypochthoniella pallidula*

Nanorchestidae: Sie werden durch Klärschlammgabe konsequent verdrängt und kehren erst nach langer Zeit wieder zurück.

30. *Nanorchestes arboriger*
    stickstoffempfindlich
31. *Speleorchestes poduroides*

Prostigmata: Sie werden im Klärschlamm nicht angetroffen, im klärschlammgedüngten Boden etwas geschädigt.

32. *Eupodes spec.*
33. *Cocceupodes clavifrons*
34. *Rhagidia spec.*
35. *Coccorhagidia clavifrons*
36. *Alicorhagia fragilis*
37. *Protereunetes spec.*
38. *Chromotydaeus spec.*
39. *Sebaia spec.*
40. *Bimichaelia spec.*

Gamasina: Sammeln sich in verrottender organischer Substanz an.

41. *Parasitidae* (2 Arten)
42. *Pergamasus crassipes*
43. *Ologamasus spec.*
44. *Gamasellus spec.*
45. *Macrocheles spec.*
46. *Gamasolaelaptidae* (1 Art)

47. *Pseudoparasitidae* (1 Art)
48. *Neoparasitidae* (1 Art)
49. *Pachylaelaps spec.*
50. *Veigaia cervus*
51. *Rhodacarus roseus*
bevorzugt gut verrottete Substanz

Laelaptidae: 52. *Hypoaspis spec.*
greift in die frühe Rotte ein

Die folgenden Arten bevorzugen verrottende organische Substanz.

53. *Lasioseius spec.*
54. *Holostaspis spec.*
55. *Podocininae* (1 Art)
56. *Hyletastinae* (1 Art)
57. *Eulaelaps spec.*
ortsfremd

Tarsonemini: 58. *Pyemotidae* (1 Art)
greift in die frühe Rotte ein
59. *Tarsonemus spec.*
60. *Scutacarus longitarsus*
nur in verrottender Substanz
61. *Variatipes quadrangularis*
62. *Variatipes eucomus*

Acaridiae: 63. *Caloglyphus mycophagus*
fäulnisanzeigend; bei Ca-Zusatz in Massen
64. *Tyrophagus dimidiatus*
im Klärschlamm vermehrt, N-bedürftig
65. *Rhizoglyphus echinopus* und
66. *Histiogaster carpio*
bevorzugen verrottende organische Substanz
67. *Anoetus spec.*
Erstbesiedler von Klärschlamm

Uropodina: 68. *Discourella spec.*
in verrottender Substanz
69. *Uropoda spec.* und
70. *Trachyuropodidae* (1 Art)
greifen erst in die späte Rotte ein.

Literatur

1. Franz, H.: Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege. Wien, 1950.
Franz, H. u. Repp: Untersuchungen über die Stallmistrotte im Stapel und im Boden. Die Bod.-Kult. Nr. 4, 1949.
Franz, H.: Neue Forschungen über den Rotteprozeß von Stallmist und Kompost. Admont, 1950.
2. Höller, G.: Die Bodenmilben des rhein. Lößlehms in ihrer Abhängigkeit von Düngung und anderen Standortfaktoren. Diss. Bonn, 1954.
3. Kühnelt, W. Bodenbiologie unter besonderer Berücksichtigung der Tierwelt. Wien, 1950.
4. Kubiena, W. L.: Entwicklungslehre des Bodens. Wien, 1948.
5. Land, G.: Untersuchungen über die Besiedlung von Klärschlamm mit Coll. im Boden bei verschiedener Behandlung. Bonn, 1955.
6. Vitzthum, Graf H.: Acarina. Bronns Klas. u. Ordn. 5. Bd., 4. Abt., 5. Buch, 1943.

Aus dem Zoologischen Institut und der Zoologischen Sammlung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn

Über die Besiedlung des Bodens mit Collembolen bei Düngung mit verschieden behandeltem Klärschlamm

Mit Unterstützung des Herrn Ministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen und der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Von G. Höller-Land

Methodik

Die vorliegende Arbeit wurde 1952 auf Anregung von Herrn Professor Dr. Wurmbach mit der Zielsetzung begonnen, herauszufinden, ob die Collembolen, als Angehörige der Bodenfauna, in ihrer „Reaktion auf Klärschlamm" einen Hinweis dafür geben könnten, wie das Substrat auf den Boden wirkt.

Gleichzeitig mit mir hat Höller die Bodenmilben aus denselben Bodenproben isoliert und zu der gleichen Frage Stellung genommen. Alle technischen Einzelheiten bezüglich Probenvolumina, Tierauslese, Bestimmung und Präparatanfertigung können aus meiner Arbeit über die Collembolen von Dikopshof (1954) entnommen werden.

Der verwendete Klärschlamm stammte aus den städtischen Kläranlagen der Stadt *Siegburg*.

Die Bestellung der Parzellen zur Beobachtung der Pflanzenreaktion war folgende: Im Frühjahr 1953 wurden in 13 Parzellen weiße Rettiche eingesät. Im Herbst 1953 Spinat und im Frühjahr 1954 wieder weiße Rettiche.

Bezüglich der Angaben über die Bodeneigenschaften des Gartens verweise ich auf die Arbeit von Höller.

Besiedlung von lagernden Klärschlammhaufen

Ausgehend von der Frage, ob die von Bauern und Gartenbesitzern festgestellte negative Wirkung der Klärschlammdüngung sich auch auf Collembolen und Milben auswirkt, wurde zuerst frischer Klärschlamm aus den Becken der Anlage auf seinen Tierbesatz untersucht. Alle entnommenen Proben enthielten weder Collembolen noch Milben. Eine Hellige-Messung ergab einen p_H von 5. Nach Literaturangaben (Frenzel 1936, Butschek 1951) soll aber die p_H-Zahl keine besondere Bedeutung haben, so daß noch eine weitere Ursache für die fehlende Besiedlung gesucht werden mußte. Einen ausreichenden Hinweis fanden wir in einer Analyse, die der Chemiker F. Land für uns ausführte: Frischer Klärschlamm enthält 4 % Stickstoff! Hierin sehe ich ein wesentliches Moment der Hemmung, denn ich konnte in in meinen Untersuchungen auf Dikopshof (1954) Stickstoff eindeutig als Hemmfaktor herausstellen. Dort wurde die N-Düngung in Form von Kalk-

ammonsalpeter, Kalkstickstoff und bei Kopfdüngung als Kalk- und Natronsalpeter gegeben. Der Stickstoff könnte als Ammoniak oder als Nitrit giftig wirken. Außerdem aber könnte auch der Schwefelwasserstoffgehalt des frischen Klärschlammes die Besiedlung verhindern.

Da die Bauern frischen Klärschlamm aber nie verwenden, sondern das Material einen Herbst und Winter lang, evtl. unter Baukalkzugabe (gelöscht), in großen Haufen an der Luft liegen lassen, verfolgten wir an Hand zeitlich gestaffelter Probenentnahmen die Besiedelung auch solchen Klärschlammes. Diese erfolgt erst nach mehreren Monaten der Lagerung nur zögernd und sporadisch, und zwar, wie bei Stapelstallmist (Franz 1950), von außen nach innen. Dabei beginnt das anfangs zäh-breiige, verfilzte Material langsam abzutrocknen und poröser zu werden, ohne jedoch dabei seinen kompakten Charakter aufzugeben. Der pH-Wert steigt auf 6–7 an.

Die Funde aus 7 Monate lagerndem Klärschlamm ohne Kalkzugabe lieferten hauptsächlich *Hypogastrura*-Arten, die aber fast alle unausgewachsen und verkümmert erschienen und daher artenmäßig nicht zu erfassen waren.

Die Proben aus dem gleichaltrigen gekalkten Klärschlamm jedoch wiesen einige Arten mehr auf: Es wurden nämlich neben einigen *Hypogastrura denticulata* noch einige *Isotoma olivacea* und *Lepidocyrtus cyaneus* gefunden. Da die gleichen Proben aber mit einer Unzahl von *Caloglyphus mycophagus* besetzt waren und es inzwischen genügend bekannt ist, daß Collembolen und Milben bei Massenansammlung einander ausschließen können, ist anzunehmen, daß beim Fehlen der Milben die Collembolenbesiedelung vielleicht dichter gewesen wäre.

Die Wirkungen des in den Boden gebrachten Stapelschlammes

Die Populationsverschiebung

Es erhob sich nun die Frage, wie der abgelagerte Klärschlamm wirkt, wenn er in den Boden gebracht wird. Dazu richteten wir zunächst auf einem Stück Gartenland drei je 1 qm große Parzellen ein, von denen Nr. 1 ungedüngt blieb, Nr. 2 alten Klärschlamm und Nr. 3 frischen Klärschlamm bekam. Die Probenergebnisse im Januar 1953 lassen sich kurz folgendermaßen darstellen (Zahlen pro 300 ccm):

Parzelle 1 = 13 Exemplare
Parzelle 2 = 95 Exemplare
Parzelle 3 = 367 Exemplare

Dabei erwies es sich, daß die Mehrzahl aller in den Klärschlammparzellen gefundenen Individuen zu der Art *Hypogastrura denticulata* gehörten sowie zu *Isotoma olivacea*. Hinzu kamen noch einige *Isotoma notabilis* und *Tullbergia krausbaueri*. Dieser Befund stimmt mit einer Feststellung von G. Gisin (1952) überein, die bei Untersuchungen über die Rotte von Blattkomposten herausfand, daß die beiden ersteren Collembolen-Arten in relativ saurem Milieu hauptsächlich im Winter die Komposte in großen Massen besiedeln.

Eine Gegenüberstellung der Arten aus reinem Gartenboden ergab folgendes: In Parzelle 1 fand ich die Arten

Onychiurus armatus — *Folsomia spinosa*
Tullbergia krausbaueri — *Pseudosinella alba*

Proisotoma minuta
Proisotoma parvula
Isotoma notabilis
Folsomia fimetaria
Heteromurus nitidus
Lepidocyrtus cyaneus
Lepidocyrtus lanuginosus

Somit keine einzige *Hypogastrura denticulata* und auch keine der großen *Isotoma*-Arten. Bei meinen Untersuchungen auf Dikopshof hatte ich diese großen Isotomiden zuweilen sogar auf dem stallmistlosen Feldteil angetroffen (wahrscheinlich an engbegrenzten Orten verrottenden, relativ frischen Bestandesabfalls), aber *Hypogastrura denticulata* wurde auf dem Dauerdüngungsversuchsschlag in Dikopshof überhaupt nicht gefunden.

Wir konnten bei der Probenentnahme feststellen, daß der Boden in unmittelbarer Nachbarschaft der Klärschlammklumpen (eine feinere Verteilung des Materials ist seiner verfilzten, zähen Beschaffenheit wegen unmöglich) frei von Bodentieren war, so daß sich hieraus ein Bild ergab, wie es Franz (1950) über die Wirkung frischen Stallmistes im Boden beschreibt.

Da es uns darum ging, den Feststellungen der praktischen Landwirtschaft bezüglich der negativen Wirkung von Klärschlamm nachzugehen, legten wir noch 11 weitere Parzellen an. Wir versetzten davon 6 mit abgelagertem Klärschlamm und gaben jeder dieser Parzellen einen handelsüblichen Mineraldünger zu, 2 blieben als Kontrolle frei und 4 weitere dienten, nachdem sie gleichermaßen mit Mineraldünger versehen waren, als Kontrolle für die entsprechenden Klärschlammparzellen.

Parzelle	Organische Düngung	Anorganischer Zusatz
1	ohne	ohne
2	abgelagerter Klärschlamm	ohne
3	frischer Klärschlamm	ohne
4	frischer Klärschlamm	ohne
5	abgelagerter Klärschlamm	gelöschter Baukalk
6	ohne	ohne
7	abgelagerter Klärschlamm	Thomasmehl
8	abgelagerter Klärschlamm	Kalkstickstoff
9	abgelagerter Klärschlamm	Kali
10	abgelagerter Klärschlamm	7+8+9 = Volldüngung
1a	ohne	7+8+9 = Volldüngung
2a	ohne	Thomasmehl
3a	ohne	Kalkstickstoff
4a	ohne	Kali

Diese Parzellen wurden nun in regelmäßigen Abständen von 2 Monaten durch gleiche Probenmengen untersucht.

Zunächst soll die Frage beantwortet werden, wie sich der Klärschlamm auf die Bodenfauna der Collembolen ausgewirkt hat und wie die Gesamtpopulation reagierte. Hierzu habe ich in Abb. 1 eine Aufstellung an Hand von Kolumnen eines Jahresdurchschnitts gegeben. Die Säulen sind aus Durchschnittswerten von je gleich vielen 100-ccm-Proben errechnet. Es sind dabei alle Klärschlammparzellen zusammengenommen denen ohne organische Düngung gegenübergestellt. Man kann leicht feststellen, daß der mit Klärschlamm gedüngte Boden zu allen Jahreszeiten eine mehrfach höhere Population entwickelt, als der ungedüngte. Dabei ist die Bevölkerung der Klärschlammparzellen im Mai am stärksten, fällt im Juli merklich ab und ist im

September wieder so weit abgesunken, daß sich die beiden untersuchten Böden nicht mehr wesentlich voneinander unterscheiden.

Da es sich bei dieser Aufstellung um eine ganz allgemeine handelt, soll im folgenden auch noch wegen der erwarteten Succession die prozentuale Aufteilung der Arten in den einzelnen Probendurchgängen gegeben werden. In Abb. 2 sind diese Verhältnisse dargestellt und sollen nun, soweit wie möglich, diskutiert werden.

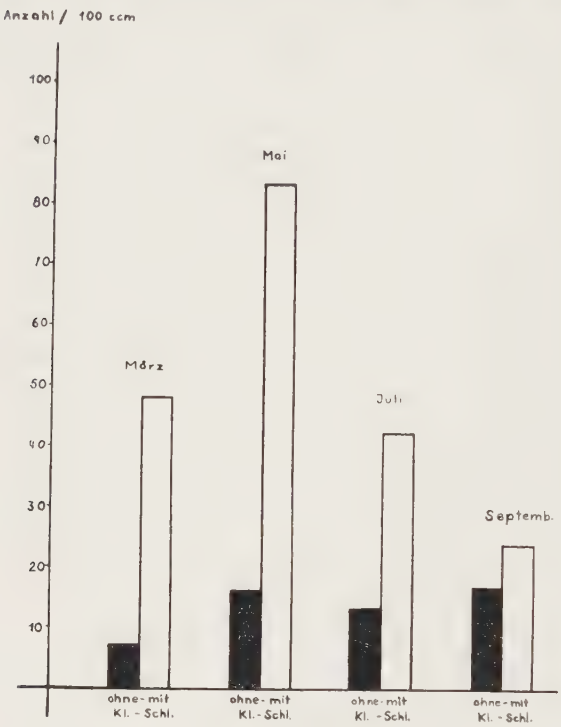

Abb. 1. Gesamtpopulation

Zu berücksichtigen ist bei der Betrachtung der Abbildung immer, daß die Gesamtzahl der Kolumne mit Klärschlamm stets mehrfach höher ist, als die der ohne Klärschlamm. Die absoluten Fundzahlen sind unter den Säulen angegeben.

Als erstes fällt auf, daß *Hypogastrura denticulata* sehr stark in die frühe Rotte im März eingreift, und dann mit fortschreitender Rotte kontinuierlich abnimmt, bis sie im Juli etwa nur noch in kleinen Kümmerformen auftritt und im September endlich lediglich ein Prozent der Gesamtbevölkerung ausmacht.

Ein extremes Frührottetier scheint *Isotoma olivacea* zu sein. Ich fand sie in den Märzproben im Klärschlammboden stark vertreten, während sie im Mai etwa nur noch 4% der Gesamtpopulation ausmachte und im Juli und September ganz fehlte. *Damit kann man die beiden Formen Hypogastrura denticulata und Isotoma olivacea als Frührottetier ansprechen.*

Isotoma notabilis, die ja auch im Normalboden vorkommt, scheint dagegen ein etwas späteres Rottestadium zu bevorzugen: Sie entwickelte im Mai ihre höchste Population, sank aber in den folgenden Monaten erneut ab.

Das entspricht im wesentlichen meinem Befund von Dikopshof in Stallmistfeldern (1954).

Tullbergia krausbaueri reagiert im Klärschlammboden ähnlich wie *Isotoma notabilis*, indem auch dieses Tier erst im Mai seine Höchstpopulation aufweist, obschon sie im ungedüngten Boden auch einen gewichtigen Anteil an der Gesamtbevölkerung für sich in Anspruch nimmt.

Im dritten Rottestadium scheint *Isotomiella minor* das Substrat zu bevorzugen; denn ich fand sie im Juli in den Klärschlammparzellen in stärkster Ansammlung. Ihr häufiges Auftreten zu dieser Zeit kann jahreszeitlich be-

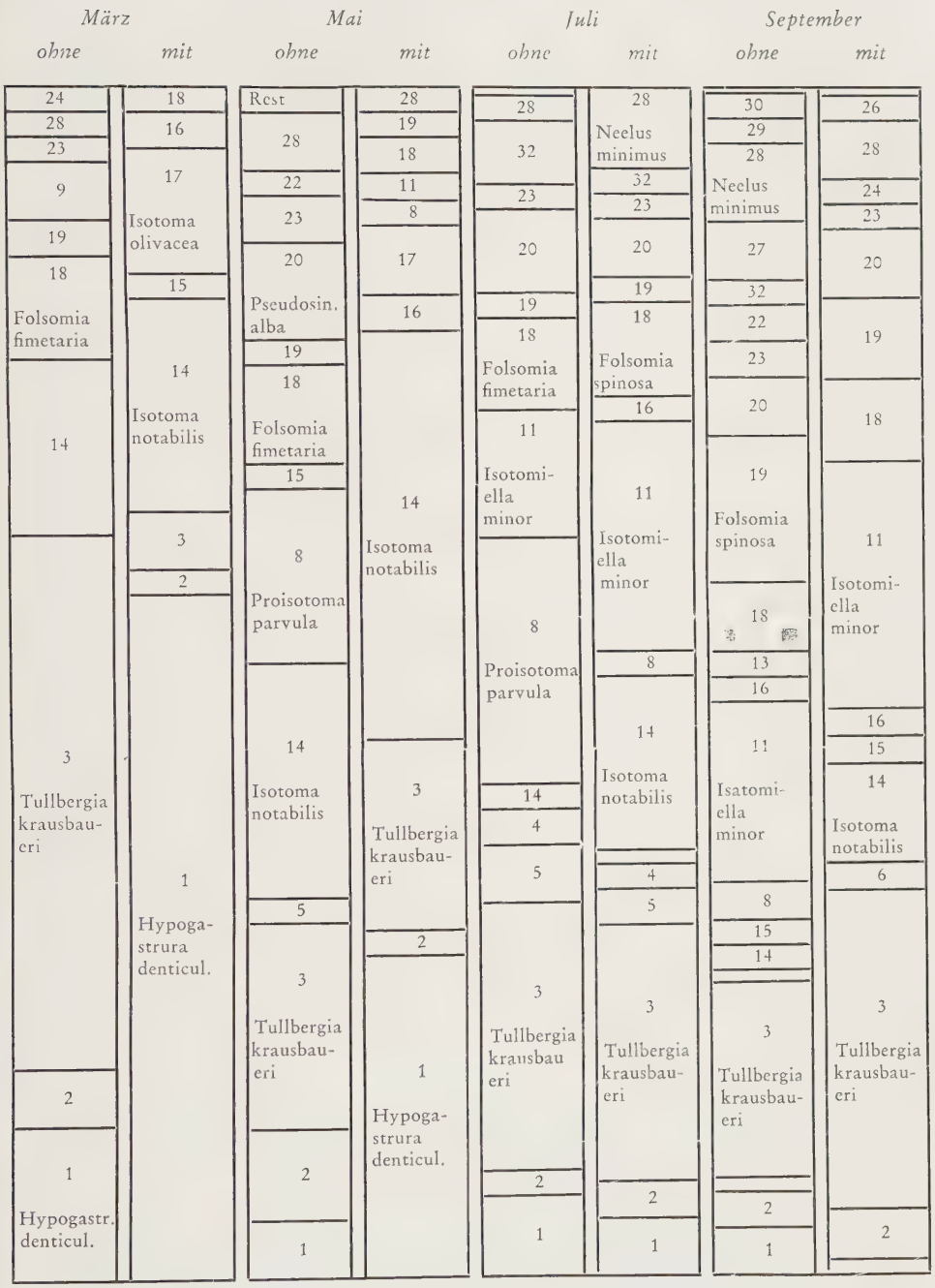
März
ohne
mit
Mai
ohne
mit
Juli
ohne
mit
September
ohne
mit
24
28
23
9
19
18
Folsomia fimetaria
14
3
Tullbergia krausbaueri
2
1
Hypogastr. denticul.
18
16
17
Isotoma olivacea
15
14
Isotoma notabilis
3
2
1
Hypogastrura denticul.
Rest
28
22
23
20
Pseudosin. alba
19
18
Folsomia fimetaria
15
8
Proisotoma parvula
14
Isotoma notabilis
5
3
Tullbergia krausbaueri
2
1
28
19
18
11
8
17
16
14
Isotoma notabilis
3
Tullbergia krausbaueri
2
1
Hypogastrura denticul.
28
32
23
20
19
18
Folsomia fimetaria
11
Isotomiella minor
8
Proisotoma parvula
14
4
5
3
Tullbergia krausbaueri
2
1
28
Neelus minimus
32
23
20
19
18
Folsomia spinosa
16
11
Isotomiella minor
8
14
Isotoma notabilis
4
5
3
Tullbergia krausbaueri
2
1
30
29
28
Neelus minimus
27
32
22
23
20
19
Folsomia spinosa
18
13
16
11
Isatomiella minor
8
15
14
3
Tullbergia krausbaueri
2
1
26
28
24
23
20
19
18
11
Isotomiella minor
16
15
14
Isotoma notabilis
6
3
Tullbergia krausbaueri
2
169
1428
346
1379
158
675
408
648
Exemplaranzahl

Abb. 2

dingt sein, da sie auch im Normalboden erst jetzt auftritt. Dennoch ist sie im Klärschlammboden wesentlich stärker vertreten. Ich hatte die Art in meinen Dikopshöfer Untersuchungen als Frühjahrstier angesprochen, das auch bereits im Frühjahr in die Stallmistrotte eingriff. Da der Lößlehm von Dikopshof ein warmer Boden ist, der nun untersuchte Gartenboden aber während des größten Teils des Tages im Schatten liegt, kann dieses offenbar wärmeliebende Tier dementsprechend hier erst später zur vollen Entfaltung gelangen. Nach seinem Vorkommen zu urteilen bevorzugt *Neelus minimus* das gleiche Rottestadium.

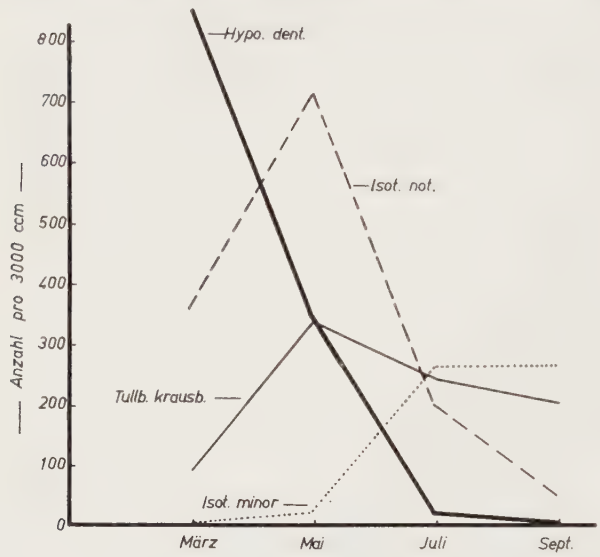

Abb. 3. Jahreskurve der Klärschlamm-Collembolen 1953

Abb. 3 verdeutlicht durch die Darstellung der Populationskurven der genannten Arten diese oben beschriebene Succession.

Bei flüchtiger Betrachtung entsprechen die Befunde denen von Dikopshof (1954), indem

1. nach der organischen Düngung eine Populationserhöhung eintritt;
2. die Besiedelung des Substrats mit einer Succession verschiedener Arten abläuft.

Bei eingehender Auswertung stellen sich aber wesentliche Unterschiede heraus. So wurden bei der Mistrotte auf Dikopshof (ich betone, daß es sich dabei um frischen, tierfreien Mist handelte!) niemals Bodentiere aus den Mistparzellen verdrängt; dieses Kriterium tritt hier in der Klärschlammrotte jedoch in Erscheinung. Neben den obengenannten, an der Rotte offenbar beteiligten Arten, gibt es nämlich Tiere, die verdrängt werden. So z. B., wie Abb. 4 zeigt, *Folsomia spinosa, Proisotoma parvula* und *Lepidocyrtus lanuginosus.*

Ferner entsteht bei der Stallmistrotte im Boden, wie ich nachweisen konnte, niemals eine derartige Monotonfauna von *Hypogastrura denticulata,* wie es bei der Klärschlammrotte im Frühstadium der Fall ist. Hier wurde die Population im März in einem Verhältnis von 1 : 8,5 (!) erhöht und das zu fast 60 % von *Hypogastrura denticulata,* während die Populationserhöhung bei Stallmistgabe nur 1 : 2,4 ausmachte.

Diesen Unterschied in der Rotte der beiden untersuchten Materialien halte ich für sehr wichtig; denn daß eine solch einseitige Populationsüberhöhung keine günstigen Folgen haben kann, sondern ganz extreme Lebensbedingungen anzeigt, liegt auf der Hand. Das bestätigen 1. die später zu diskutierenden Ernteergebnisse, 2. aber auch die Befunde von Höller (1955), der in den mit Stapelklärschlamm gedüngten Parzellen ein auffallendes Absinken der Milben beobachtete. Das umgekehrte Verhältnis hatte ich weiter vorne schon

einmal angeführt, nämlich daß die überstarke Monotonfauna von *Caloglyphus mycophagus* eine nennenswerte Collembolenpopulation unterband.

Hierzu führe ich auch noch KUBIENA (1948) an, der aussagt, daß sich hochentwickelte Böden durch eine gut ausgewogene Population auszeichnen. Ich möchte seine Worte dahingehend erweitern, daß eine einseitig verformte Biocoenose sogar einen augenblicklichen „Krankheitszustand" eines Bodens anzeigt.

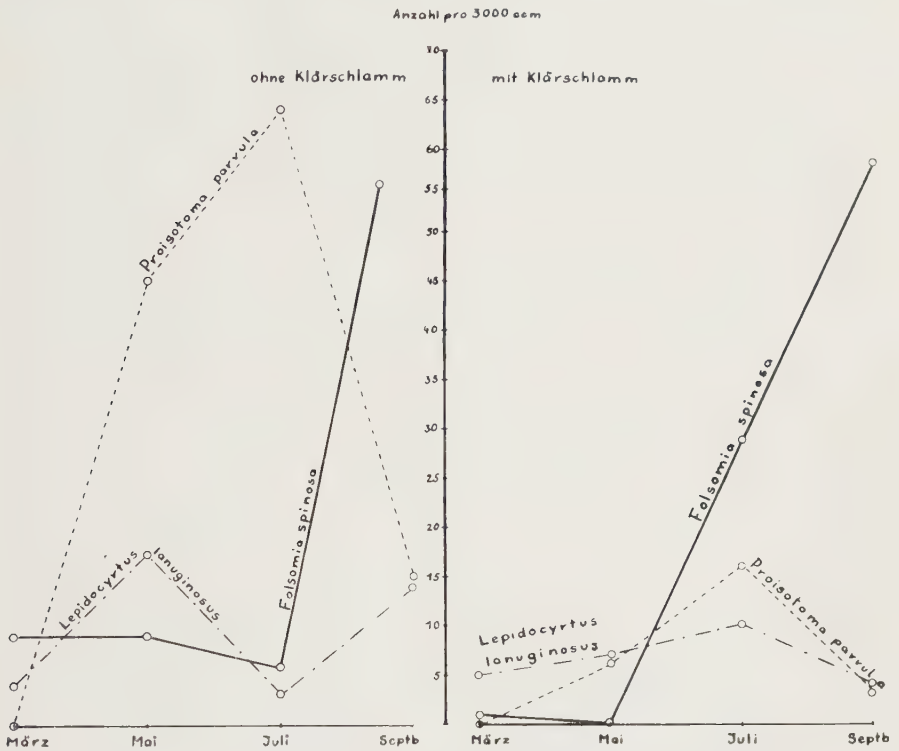

Abb. 4. Jahreskurven der klärschlammempfindlichen Collembolenarten 1953

Die Ernteergebnisse

Wie schon oben angedeutet, bestätigen die auf den Klärschlammparzellen gewonnenen Ernteergebnisse meine Annahme, daß Stapelschlamm ungünstig auf den Boden einwirkt. Alle Parzellen waren im Frühjahr 1953 mit gleichen Saatmengen weißen Sommerrettichs bestellt worden, die am 26. 6. 1953 abgeerntet wurden. Ein genauer Gewichtsvergleich aller Parzellenernten untereinander und des Rüben–Blattverhältnisses brachte folgendes Ergebnis:

Die Klärschlammparzellen hatten im Durchschnitt pro Rübe ein geringeres Gewicht erzeugt als der ungedüngte Boden und, was noch negativer zu bewerten ist, auf den gedüngten Parzellen war insgesamt das Laubgewicht doppelt so hoch, wie das der Rettiche selbst.

Dieser schlechte Befund veranlaßte uns, eine neue Einsaat zu unternehmen, diesmal mit einer Pflanze, deren Laub dem Anbauer Nutzen bringen

sollte. Wir wählten Winterspinat. Hier muß hinzugefügt werden, daß vor dieser Saat alle Parzellen eine gleiche Menge an Kali-Mineraldünger erhielten, um den nachgewiesenen Mangel (Höller, 1954) zu beseitigen. Während die Saatkörner in dem unbehandelten Boden gleichmäßig dicht auskeimten, beobachteten wir auf den Klärschlammparzellen eine ganz auffallende Keimungshemmung. Da das Gartenstück seit dem Frühjahr keinen neuen Schlamm bekommen hatte und dem Tierbesatz zufolge im August bei der Einsaat schon ein guter Rottezustand erreicht war, mußte ein Agens im Boden zurückgeblieben sein, das als Hemmfaktor für die Keimung von Spinat ganz eklatant in Erscheinung tritt; denn die auskeimenden Pflanzen waren so minimal an Zahl und Körpergröße, daß eine Ernte überhaupt nicht lohnte. Hier also liegt ein erster Hinweis zur Erklärung für jene Klage, die alle die führen, die Klärschlamm als Dünger verwendet haben, daß nämlich, nach vorjährigem starkem Wachstum, im folgenden Jahr die Saaten nicht aufgehen.

Nach Kühnelt (1950) treten bei Fäulnis Amine und Phenole auf, die Fourman für jede Keimungshemmung verantwortlich macht. Es könnte angenommen werden, daß beim Oxydationsprozeß des Klärschlammes auch bei sogar optisch erkennbarer vollständiger Rotte Substanzen unaufgeschlossen im Boden zurückbleiben und zu anhaltender Fäulnis Anlaß geben.

Die Wirkungen von Kompostschlamm

Die Population des Komposthaufens

Da es uns hauptsächlich darum ging, den Klärschlamm in eine Form zu bringen, die den Boden möglichst wenig belastet, d. h. 1. keine langwirkenden Giftstoffe anreichert und 2. keine Überpopulation einer einseitigen Fauna hervorruft, gingen wir nun dazu über, das Substrat zu kompostieren. Die Daten hierzu können aus der Arbeit von Höller entnommen werden. Eines sei hier nur hervorgehoben: Das kompostierte Material zeigte, bevor es in den Boden gebracht wurde, eine poröse, lockere Beschaffenheit und war mit Käfern, Schnecken, Regenwürmern, Asseln, Collembolen und Milben reich durchsetzt. Demnach hatte sich eine ganz normale Tiergemeinschaft gebildet, wie sie für gute Komposte typisch ist.

Für die Collembolen ergab sich folgendes:

11 Collembolenarten waren in nennenswerter Weise vertreten:

1. *Hypogastrura denticulata* = 1416 Ex.
   (Meist mittlere bis winzige Exemplare)
2. *Folsomia fimetaria* = 3 Ex.
3. *Isotoma violacea* = 2 Ex.
4. *Isotoma viridis* = 12 Ex.
5. *Proisotoma minima* = 1 Ex.
6. *Proisotoma minuta* = 1 Ex.
7. *Lepidocyrtus cyaneus* = 92 Ex.
8. *Lepidocyrtus lanuginosus* = 5 Ex.
9. *Tullbergia krausbaueri* = 1 Ex.
10. *Heteromurus nitidus* = 6 Ex.
11. *Micranurida* spec. = 1 Ex.

Es sei hier daran erinnert, daß der wie Stapelmist behandelte in den Boden gebrachte Klärschlamm mit fortschreitender Rotte zwar seine *Hypo-*

gastruren-Population stetig verminderte, daß dabei aber auch, etwa ab Mai, die noch aufgefundenen Individuen dieser Art auffallend *klein*, fast winzig waren, so daß folgende Annahme berechtigt erscheint: Die für die Art zuerst guten Bedingungen vermochten eine Generation zu beherbergen, deren Eigelege zwar noch schlüpfen, aber nicht mehr zu Erwachsenen ausreifen. Dieses Stadium war jetzt schon nach 7monatiger Komopstierung erreicht, bevor das Substrat noch in den Boden gelangte.

Von den übrigen genannten Formen war *Lepidocyrtus cyaneus* mit 92 Exemplaren pro 500 ccm auffallend reich vertreten. Nach Franz (1950) ist er ein Bewohner trockener, offener Gelände und wird nach Gisin als ausgesprochen hydrophob bezeichnet. Da von *Isotoma viridis* ähnliches ausgesagt wird, ferner *Proisotoma minuta* und *minima* schon anwesend sind, kann angenommen werden, daß der vorliegende Kompost 1. eine genügende allseitige Luftanreicherung hat, und daß 2. das Substrat im Verrotten ist.

Ein weiterer Beweis für seine lockere Beschaffenheit liegt darin, daß *Tullbergia krausbaueri*, die feinporige, enge Räume vorzieht, nur ganz sporadisch aufgetreten ist.

Im ganzen gesehen ist also der Kompost gerade in der Umschlagphase begriffen, d. h. er beginnt, sich langsam mit Bodentieren zu besiedeln und die Klärschlammfreunde auszustoßen. Vergleicht man nun dieses Substrat mit dem wie Stapelmist behandelten Klärschlamm des Vorjahres, so kann man aussagen: 7monatige Kompostierung, die im Winter und frühen Frühjahr ausgeführt wurde, läßt den Klärschlamm soweit heranreifen, wie gestapelter Klärschlamm, auch wenn Baukalk zugegeben wurde, erst nach 7 Monaten Lagerung + 4 Monaten im Boden erreichte. D. h. ferner, daß alle evtl. giftigen Stadien durchlaufen sind, ehe der Klärschlammkompost in den Boden gelangt.

Die Wirkung im Boden

Während im Verlauf des Jahres 1953 die Wirkung von Klärschlamm beobachtet wurde, der wie Stallmist im Stapel abgelagert war, sollte im neuen Versuchsgang die Frage beantwortet werden, ob der kompostierte Klärschlamm bessere Erfolge erziele.

Wir belegen daher die 14 Parzellen neben einer unterschiedlichen Mineraldüngergabe folgendermaßen mit organischem Dünger:

Parzelle	Organische Dünger	Anorganischer Zusatz
1	ohne	ohne
2	Trockenschlamm	ohne
3	Kompostschlamm	Superphosphat
4	frischer Pferdemist	ohne
5	Kompostschlamm	gelöschter Baukalk
6	ohne	ohne
7	Kompostschlamm	Thomasmehl
8	Kompostschlamm	Kalkstickstoff
9	Kompostschlamm	Kali
10	Kompostschlamm	3+8+9 = Volldüngung
1a	ohne	3+8+9 = Volldüngung
2a	ohne	Thomasmehl
3a	ohne	Kalkstickstoff
4a	ohne	Superphosphat

Vor der Düngung im April 1954 war die Gesamtbevölkerung auf den Parzellen 1–10 nahezu ausgeglichen (Abb. 5, linke Kolumnen). Sie wuchs jedoch nach der Kompostgabe in den einzelnen Parzellen verschieden stark an.

Auffallend hohe Individuenzahlen waren auf den Parzellen 2, 5 und 8 festzustellen (Abb. 5, rechte Kolumnen). Abgesehen von 2, die ich gesondert abhandeln werde, sind das die Parzellen, deren organische Düngung mit Kalk bzw. Kalkstickstoff versetzt war.

Hier führe ich zum Vergleich auch die Verhältnisse an, wie sie sich auf den Parzellen ergaben, die nur entsprechende Mineraldüngung erhalten hatten: Alle Parzellen waren fast gleich hoch besiedelt mit Ausnahme der Superphosphatparzelle. Es hat demnach den Anschein, als ob Superphosphat der beste Mineraldünger für diesen Gartenboden wäre (Abb. 6).

Im Verein mit kompostiertem Klärschlamm bleibt die Bevölkerung auf Superphosphat hinter der auf Kalk und Kalkstickstoff zurück. Nun darf man

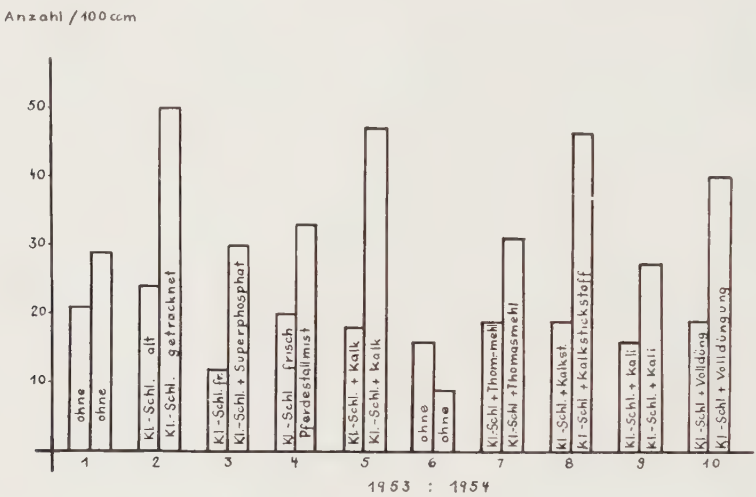

Abb. 5. Gesamtpopulation der Parzellen 1—10; 1953 : 1954

aber grundsätzlich nicht in den Fehler verfallen, zu sagen, dort wo viele Collembolen sind, seien bessere Bodenverhältnisse als dort, wo weniger Exemplare gefunden wurden. Daß dies durchaus nicht so ist, kann ich weiter unten noch nachweisen.

Nach dieser Betrachtung der Gesamtbevölkerung sollen nun die Verschiebungen, die durch die Kompostgabe in der Biocoenose induziert wurden, herausgestellt werden.

Die Abb. 7 zeigt die prozentuale Zusammensetzung im April vor der Düngergabe einmal für die Parzellen, die niemals Klärschlamm bekommen hatten, zum anderen für jene, die im Vorjahre damit gedüngt worden waren.

Die Kolumnen zeigen deutlich, daß die Populationen beider Standorte Ähnlichkeiten aufweisen, daß also der vorjährig gedüngte Boden sich inzwischen dem ungedüngten weitgehend angeglichen hat. Lediglich in einem Merkmal unterscheidet er sich noch: *Isotomiella minor* nimmt im alten Klärschlammboden einen großen Prozentanteil für sich in Anspruch, während

die sonst als Mistbewohnerin bekannte *Isotoma notabilis* gegen die Septemberprobe 1953 (siehe Abb. 2) noch mehr zurückgegangen ist. Ich konnte in meiner Arbeit über die Collembolen auf Dikopshof (1954) nachweisen, daß für *Isotoma notabilis* eine langanhaltende Stallmistnachwirkung nicht eintritt.

Da über *Isotomiella minor* nichts Wesentliches bekannt ist (nach G. Gisin 1952: „. . . jedenfalls nicht euryök!"), kann nicht entschieden werden, ob ihr relativ starkes Auftreten ein Hinweis sein könnte für die immer noch nachwirkenden „Giftstoffe", die vom gestapelten Klärschlamm in den Boden gelangten.

Die Verschiebungen von *Folsomia fimetaria* und *spinosa* entsprechen dem, was von diesen Arten bereits bekannt ist: *Folsomia fimetaria* zieht organisch gedüngten Boden vor, ja ist darauf angewiesen, während *F. spinosa,* nach meinen Befunden von Dikopshof, zwar Stallmistboden vorzieht, aber erst sekundär davon abhängig ist (Land, 1954).

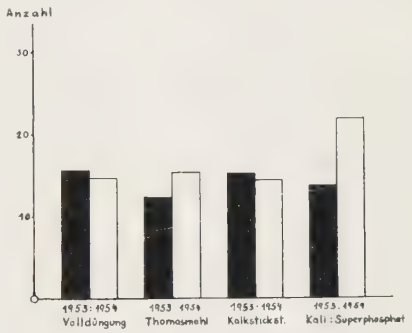

Abb. 6. Vergleich der nur mineralgedüngten Parzellen 1953 : 1954 (1 a—4 a)

Aus den nun anschließenden Auswertungen meiner Probenserie im Juni 1954, also 2 Monate nach dem Einbringen des Kompostes, können im Vergleich mit reinen Gartenbodenparzellen weitere Hinweise entnommen werden. Abb. 8 gibt die Verhältnisse wieder: Während in den Parzellen reinen Gartenbodens nur 16 Arten vertreten sind, wurden in denen mit Klärschlamm 22 gefunden und eine um das dreifache dichtere Besiedlung. Allerdings darf hierbei nicht übersehen werden, daß die neu hinzugekommenen Arten nur in verschwindend geringer Zahl vorkamen und daher beim Zeichnen keine Beachtung finden konnten. Ein Vergleich aber zeigt deutlich, daß im wesentlichen gleiche Arten in nennenswerter Zahl angetroffen wurden und daß damit nachgewiesen sein dürfte, *daß kompostierter Klärschlamm keine Monotonfauna mit einer Übervermehrung von Hypogastrura denticulata mehr hervorbringt.* Vielmehr kann jetzt nach 2 Monaten schon ausgesagt werden, daß die Population bei nur dreifacher Erhöhung (im Vorjahr 8,5fach!) ein relativ gutes Mischungsverhältnis der Arten aufzeigt, zumal dann, wenn man dieses Bild mit den Maiproben von 1953 vergleicht, zu einer Zeit also, als der Stapelschlamm auch 2 Monate im Boden gewirkt hatte.

Die Ernteergebnisse im September 1954 stehen aber in keinem Verhältnis zu diesem auffallend guten Tierergebnis. Und damit zeigt sich ein weiterer „Pferdefuß" bei der Verwendung von Klärschlamm als Stalldüngerersatz, auch dann, wenn er kompostiert wurde: Das Rüben-Laubverhältnis hatte sich gegenüber dem Vorjahr, in dem ja noch ein Verhältnis von 1 : 2 gefunden wurde, auf 1 : 1,6 gebessert. Dennoch sehe ich hierin ein schlechtes Ergebnis, zumal zur gleichen Zeit auf dem ungedüngten Boden ein Verhältnis von 1 : 1,1 erzielt wurde (die Collembolengemeinschaft des ungedüngten, erfolgreicheren Bodens = linke Kolumne der Abb. 8).

Besonders auffallend war es, daß gerade die Parzellen mit stark kalkhaltigem Mineralzusatz eine ausgesprochen schlechte Ernte erbrachten (Abb. 9). Dieses Resultat erkläre ich folgendermaßen: Wenn auch ein Erfolg darin gesehen werden kann, daß kompostierter Klärschlamm keine Monotonfauna mehr erzeugt, daß er in kurzer Zeit eine normale Tiergemeinschaft beher-

Abb. 7. Populationszusammensetzung in Prozent

bergt, so muß infolge der schlechten Ernten dennoch die Befürchtung ausgesprochen werden, daß das Material entweder dem Boden zuviel N zuführt (siehe starkes Laubwachstum) oder aber, daß es im Boden zu schnell und zu gründlich mineralisiert wird, d. h. der Erde zwar Nährhumus zugeführt wird, der z. T. auch noch von den Tieren verarbeitet wird, aber es wird ihr keine Dauersubstanz überlassen, wie man es bei einer Stallmistdüngung bezweckt und meistens auch erreicht. M. E. gehen die Oxydationsvorgänge durch die gesteigerte O_2-Zufuhr zu radikal vor sich, als daß die Pflanzen mit einem geregelten Normalwachstum antworten könnten.

Getrockneter Klärschlamm

Bei unseren Überlegungen, wie Klärschlamm in eine für die Düngung geeignete Form übergeführt werden könnte, waren wir von der Voraussetzung ausgegangen, daß er in irgendeiner Weise „gealtert" werden müßte. Einer

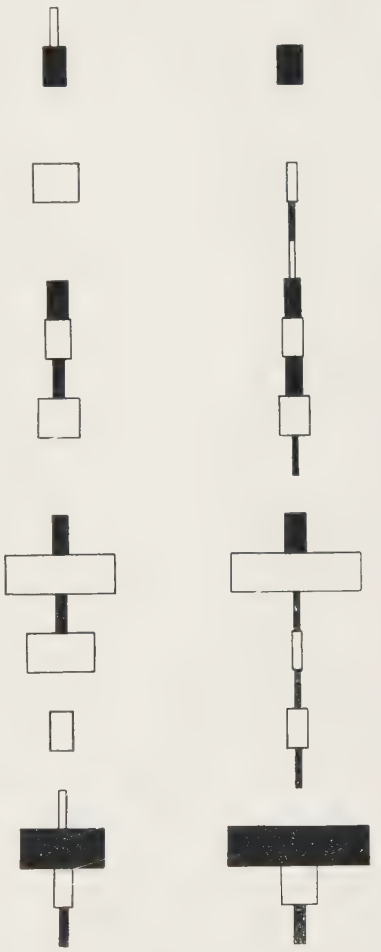

Abb. 8. Populationszusammensetzung in Prozent

der Wege war die Kompostierung. Der zweite war kurze, radikale Trocknung. Das hierzu angewandte Verfahren kann in der Arbeit von HÖLLER nachgelesen werden. Ich verweise lediglich auf einige Punkte, die mir als besonders wesentlich erscheinen.

1. Das Material wird kurzfristig getrocknet und zwar soweit, daß eine allzu starke mikrobielle Zersetzung nicht stattfinden kann, d. h. die Rotte-

prozesse werden gestoppt, sowohl anaerobe, wie sie größtenteils im einfachen Stapelverfahren unvermeidlich sind und auch die aeroben des Kompostverfahrens.

2. Das Substrat ist durch Mahlen oder Zerstoßen in eine pulverisierte Form übergeführt, die streufähig ist. Das bedeutet, daß hiermit die zähen, faserigen Klumpen, die normalerweise erst nach langer Lagerung im Boden poröser werden und endlich zerfallen, von vornherein ausgeschaltet sind. Denn auch beim Kompostierungsverfahren waren diese Klumpen im Herbst noch zu erkennen, zwar stark vererdet, aber sie enthielten alle

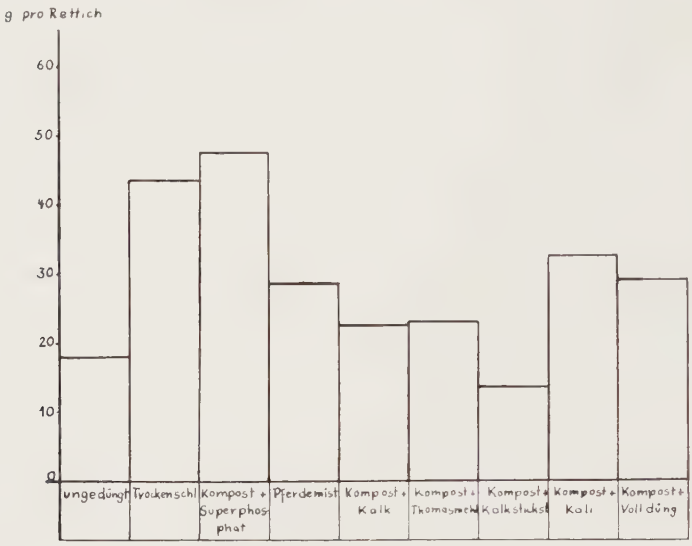

Abb. 9. Rettichernte der Klärschlammparzellen 1954

noch einen feuchten, etwas zähen Kern. Da Höller auch in diesem Stadium immer noch an Hand der Milben gewisse „Fäulnisprozesse" nachweisen konnte und ich den Grund hierfür hauptsächlich in dieser Verklumpung sehe, halte ich es für wichtig, dieses Moment mit der Pulverisierung ausgeschaltet zu haben.

3. Die eigentlichen aeroben Rotteprozesse werden dabei unter Umgehung der Massenbesiedelung mit reinen Klärschlammformen, wie *Hypogastrura denticulata* unter den Collembolen und *Hypoaspis* spec. bei den Milben direkt in den Boden verlegt, so daß überhaupt kein Substanzverlust eintritt.
   Hierbei ist es wesentlich, daran zu erinnern, daß alle anaeroben Prozesse Gärungserscheinungen darstellen, die zwangsläufig jedes Substrat bei Luftabschluß durchläuft. Wenn durch die Trocknung dieser Vorgang verhindert wird, liegt darin m. E. schon ein bedeutender Vorteil.
4. Wird dieses Klärschlamm-Trockenpulver im Herbst oder Frühjahr mit dem für den betreffenden Boden sowieso notwendigen Mineraldünger gleichmäßig ausgestreut, so wird es von den Niederschlägen der feuchteren Jahreszeiten eingeregnet und bekommt dabei die für eine Mikroben- und Kleintiertätigkeit notwendige Feuchtigkeit. Da es sich um kleine und

kleinste Körper handelt, ist der Luftzutritt gut und somit auch noch im Boden für eine aerobe Zersetzung gesorgt.

Die noch folgende Besprechung der Collembolen und die Ernteergebnisse werden diese Punkte bestätigen.

Zunächst verweise ich hier auf die Abb. 5, in deren Kolumne 2 die Höhe der Population des getrockneten, künstlich gealterten Klärschlammes deutlich hervorsticht vor

1. der Parzelle 4 mit Pferdestallmist
2. den Parzellen Kompostschlamm + Superphosphat,
   den Parzellen Kompostschlamm + Thomasmehl und
   den Parzellen Kompostschlamm + Kali
3. um ein Weniges noch den Parzellen mit Kompostschlamm + Kalk bzw. Kalkstickstoff.

Diese Kalkparzellen waren schon einmal bei den Ernteergebnissen erwähnt worden. Ich hatte auf den ungünstigen, ja widersprechenden Befund hingewiesen, der sich hinsichtlich der Gegenüberstellung Collembolenzahl bzw. -zusammensetzung und Ernte ergeben hatte. Hierfür kann eine Feststellung von Mertens (1952) eine erklärende Auskunft geben. Nach ihm veranlaßt eine Kalkdüngung schnellere Aufschließbarkeit der Humusträger im Boden. Daraus ist abzuleiten, daß hierbei alle nützlichen Spaltprodukte des Klärschlammes schnell aufgebraucht werden und evtl. schädliche Reststoffe zurückbleiben, worauf die Ergebnisse von Höller bei Milben hindeuten.

Ich fand in der Parzelle 2 (Trockenschlamm) pro 100 ccm im Durchschnitt 46 Collembolen, gegen 16 Tiere, die ich zur gleichen Zeit im ungedüngten Boden pro 100 ccm fand. Die Collembolen des Bodens bei Düngung mit *getrocknetem Klärschlamm* setzten sich aus folgenden 14 Arten zusammen:

1.	*Hypogastrura denticulata*	= 0,6 %
2.	*Onychiurus armatus*	= 5,9 %
3.	*Tullbergia krausbaueri*	= 45,5 %
4.	*Proisotoma parvula*	= 2,1 %
5.	*Isotomodes productus*	= 1,4 %
6.	*Isotomiella minor*	= 20,8 %
7.	*Isotoma notabilis*	= 6,5 %
8.	*Folsomia fimetaria*	= 2,1 %
9.	*Folsomia spinosa*	= 2,1 %
10.	*Pseudosinella alba*	= 2,8 %
11.	*Oncopodura crassicornis*	= 1,4 %
12.	*Lepidocyrtus lanuginosus*	= 3,1 %
13.	*Entomobrya* spec.	= 0,6 %
14.	*Neelus minimus*	= 5,8 %

An Hand dieser Aufstellung ergibt sich deutlich, daß die Synusie eine normale und dabei zahlenmäßig gute ist; zumal wenn man bedenkt, daß von den gefundenen Arten die den frischen Schlamm liebende *Hypogastrura denticulata* in allen Proben nur in einem einzigen Exemplar gefunden wurde, daß ferner *Tullbergia krausbaueri* pro Probe durchschnittlich mit 20 Exemplaren vertreten war. Nach Gisin (lt. brieflicher Mitteilung) zeigt *Tullbergia krausbaueri* bei genügendem Vorkommen einen warmen, garen, feinporigen Boden an. Ihr zahlenmäßig höheres Auftreten als z. B. nach der Stapelschlammgabe im März 1953 (Abb. 2) deutet darauf hin, daß in der mit Trockenschlamm gedüngten Parzelle keine frischen Rotteprozesse ablaufen,

denn ich konnte in meinen Beobachtungen auf Dikopshof nachweisen, daß *Tullbergia krausbaueri* erst nach geraumer Zeit in die Rotte eingreift. Weiterhin hatte sich dort ergeben, daß diese Art weder ein Zuwenig noch ein Zuviel an N verträgt und daß sie den aus organischen Substanzen freiwerdenden Stickstoff dem anorganischen Mineraldünger vorzieht (Land, 1954). Hieraus kann m. E. gefolgert werden, daß das künstlich gealterte Klärschlammpulver und der noch vorhandene Stickstoff in einem optimalen Verhältnis vorliegt oder aber in einer erträglicheren Form geboten wird. Da außerdem keine Verschiebung des Gleichgewichtes, wie sie nach der Gabe von Stapelschlamm durch die extreme Überbevölkerung von *Hypogastrura denticulata* offenbar wurde, auftrat, kann man annehmen, daß diese Verschiebung durch ein qualitativ oder quantitativ schlechtes N-Angebot induziert wurde.

Dem entspricht auch das Ernteergebnis. Denn auf der mit Trockenschlamm gedüngten Parzelle 2 ergab sich das von allen untersuchten Klärschlammarten beste Rüben-Blattverhältnis von 1 : 1,2. Die gewichtsmäßige Ausbeute der gleichen Parzelle war hinter der Klärschlamm-Superphosphatparzelle die zweitbeste (Abb. 9).

Der Kreuzversuch

Die auffallenden Massenwechsel, die wir im Verlaufe unserer Beobachtungen über die Klärschlammrotte im Boden an Collembolen- und Milbenpopulationen festgestellt hatten, drängten uns eine Frage auf, die wir an Hand eines Laboratoriumsversuchs zu beantworten versuchten.

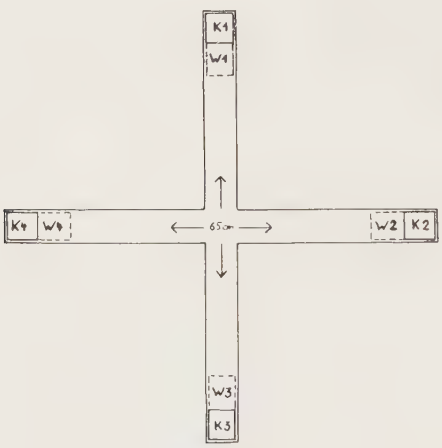

Abb. 10. Der Kreuzversuch

Es erschien uns vor allem auffallend, daß Klärschlamm in einem relativ frischen Zustand plötzlich von wahren Riesenpopulationen von *Hypogastrura denticulata* einerseits und *Hypoaspis* spec. andererseits besiedelt war, zumal dann, wenn das Substrat mit Gartenboden in Berührung kam. Ich erinnere noch einmal daran, daß der für die Parzellen ausgesuchte Gartenboden bei Voruntersuchungen kein einziges bzw. ganz vereinzelte Exemplare der fraglichen Arten enthalten hatte, so daß das spontane Auftreten von Tausenden von Individuen zu Recht rätselhaft erscheint.

Es war uns die Tatsache, daß Massenwechsel vorkommen, aus Literaturangaben bekannt (Frenzel 1936, Franz 1950, Gisin 1943, G. Gisin 1952). Es war uns ferner auch bekannt, daß hierfür Veränderungen in der Mikroflora verantwortlich zu machen sind, die wiederum vom Grad der Zersetzung abhängig sind. Es blieb aber immer noch die Frage offen, *woher* die Tiere kommen.

Aufklärung erhofften wir von unserem „Kreuzversuch". Es sollte geklärt werden, ob die fraglichen Tiere aktiv das bevorzugte Milieu, in diesem Falle Klärschlamm, aufsuchen oder ob vielleicht Eier durch Windtransport dort hingelangen (Franz 1950) und bei optimalen Bedingungen zur Entwicklung kommen.

Die Anlage des Versuchs kann auf Abb. 10 abgelesen werden: Der Kreuzgang bestand aus Leichtmetall, war 5 cm tief und 5 cm breit. Wir hatten ihn mit nachweislich tierfreiem Lößlehm aus 50 cm Tiefe von Dikopshof gefüllt, mit Ausnahme der Kreuzenden, in die Drahtkörbchen (siehe Arbeit Höller 1955) mit verschiedenem Substrat eingesetzt waren:

Körbchen I	=	Lößlehm
Körbchen II	=	Lößlehm
Körbchen III	=	getrockneter Klärschlamm
Körbchen IV	=	kalkversetzter Klärschlamm

Alle Füllmaterialien hatten 48 Stunden lang den Berlese-Automaten passiert und waren demzufolge völlig trocken und tierfrei. Ich weise ferner darauf hin, daß der Lößlehm von Dikopshof überhaupt keine *Hypogastrura denticulata* enthielt (Land 1954).

In Körbchen I wurden am 8. 12. 1953 etwa 250 *Hypogastrura denticulata* zum Auswandern eingesetzt. Danach wurde das Versuchskreuz in den Ehret-Elektrobrutschrank mit Wasserkühlung eingeschoben und 10 Tage bei 16° C und 95–100 % relativer Luftfeuchtigkeit darin belassen. Vor Versuchsbeginn war natürlich die getrocknete Füllung des Kreuzes vorsichtig angefeuchtet worden.

Am 18. 12. wurde der Versuch beendet, d. h. der Inhalt der 4 Körbchen und außerdem je 5 cm der Wegfüllung vor den Körbchen im Berlese-Automaten auf ihre Tieranzahl untersucht.

Die Probeentnahmestellen sind in der Abbildung durch Kreise angedeutet.

1. *Es fanden sich im Ausgangskörbchen:*
   15 *Hypogastrura denticulata,* ausschließlich kleine Formen;
   16 Hypogastruren, winzige, fast farblose, unbestimmbare Jungtiere.

   1a. Wegprobe vor Körbchen I:
   4 *Hypogastrura denticulata,* mittlerer Größe.

2. *Körbchen II:*
   1 *Hypogastrura denticulata.*

   2a. Wegprobe vor Körbchen II:
   kein Fund.

3. *Körbchen III:*
   120 *Hypogastrura denticulata,* voll ausgewachsen; 23 Hypogastruren, unpigmentierte, winzige Jugendformen.

   3a. Wegprobe vor Körbchen III:
   8 *Hypogastrura denticulata,* größere Exemplare.

4. *Körbchen IV:*
   27 *Hypogastrura denticulata,* mittlerer Größe.

   4a. Wegprobe vor Körbchen IV:
   kein Fund.

Von den 250 eingesetzten Tieren fand ich demnach 120 ausgewachsene Exemplare im optimalen Milieu in Körbchen III wieder. Hiermit ist m. E. nachgewiesen, daß die Tiere wahlweise optimales Milieu durch aktive Wanderung aufsuchen.

Zusammenfassung

Die erfahrungsgemäß festgestellten nachteiligen Wirkungen des Klärschlammes auf den Boden sollten an Hand der Collembolenpopulation geprüft werden. Ziel der Untersuchungen war es, herauszufinden, ob bei anderer Behandlung des Materials, als der allgemein üblichen, bessere Ergebnisse erzielt werden können. Die Hauptergebnisse sind folgende:

1. Stapelklärschlamm

a. Der frische Klärschlamm im Becken der städtischen Anlage ist von Collembolen nicht besiedelt.
b. Die Besiedelung von lagerndem Klärschlamm geht langsam von außen nach innen vor sich. Nach 7 Monaten wurden nur unausgewachsene und verkümmerte *Hypogastrura*-Arten gefunden.
c. Gekalkter Klärschlamm ist nach gleicher Lagerzeit von mehr Arten besiedelt. Die Entwicklung einer zahlenmäßig starken Collembolenfauna wird, wahrscheinlich durch die Massenbevölkerung von *Caloglyphus*, gehemmt.
d. Nach Einbringen von Stapelschlamm in den Boden verschiebt sich die Faunenzusammensetzung extrem zugunsten der Arten *Hypogastrura denticulata* und *Isotoma olivacea*.
e. Der Boden in unmittelbarer Nachbarschaft der Klärschlammballen wird gemieden.
f. Die Gesamtcollembolenzahl des Klärschlammbodens steigt auf das 8,5-fache des Normalbodens an.
g. An Hand von Successionen können drei Rottestadien unterschieden werden:
   1. frühe Rotte = *Hypogastrura denticulata* + *Isotoma olivacea*
   2. mittlere Rotte = *Isotoma notabilis* + *Tullbergia krausbaueri*
   3. späte Rotte = *Isotomiella minor*
h. Reine Bodenformen werden aus dem Klärschlammboden verdrängt.
i. Bei Rettichen bewirkt die Düngung mit Stapelschlamm ein Ansteigen des Laubgewichtes auf Kosten des Rübengewichtes.
k. Angebauter Spinat unterliegt einer deutlichen Keimlingshemmung.

2. Klärschlammkompost

a. Klärschlammkomposthaufen sind nach 7 Monaten von 12 Arten mehr besiedelt als Stapelschlamm.
b. Neben Collembolen und Milben treten hier auch Regenwürmer und andere Bodentiere auf.

c. Nach Artenvergleich erscheint das Substrat nach 7monatiger Kompostierung etwa die Reife erlangt zu haben, die Stapelschlamm erst nach 7monatiger Lagerung + 4 Monaten im Boden erreicht hat.
d. Kompostklärschlamm + kalkhaltige Mineralzusätze erhöhen wesentlich die Gesamtcollembolenzahl im Boden.
e. Das gleiche Material zeitigt die schlechtesten Ernteergebnisse.
f. Die Steigerung der Gesamtpopulation beträgt im Boden bei Gabe von kompostiertem Klärschlamm nur 1 : 3 und ist nicht durch einseitige Massenvermehrung nur einer Art bedingt.
g. Kompostschlamm erbringt zwar ein besseres Laub-Rettichverhältnis als Stapelschlamm, jedoch ein schlechteres als normaler Gartenboden mit Mineraldüngung.

3. Trockenschlamm

a. Durch starke Trocknung künstlich veralteter Schlamm erzeugt im Boden eine hohe, jedoch in gesunden Prozentanteilen aufgegliederte Collembolenfauna.
b. N-empfindliche Tiere *(Tullb. kraus.)* werden nicht dezimiert.
c. Trockenklärschlamm ergibt bessere Ernteergebnisse als Stapel- und Kompostschlamm.
d. Die Collembolen sind in der Lage, wahlweise im Boden optimales Milieu aktiv aufzusuchen.

Summary

The detrimental effects, established by experience, of sewage sludge on the soil were examined on the basis of the Collembola population. The main results after normally used treatments of the material are as follows:

1. Staple sewage sludge

The colonization of fresh sewage sludge, which is free from Collembola, takes place slowly, limed sludge is richer in species and the introduction of staple sewage sludge alters the composition of the fauna in favour of Hypogastrura denticulata and Isotoma olivacea. The latter is characteristic of the early stage of decomposition, Isotoma notabilis and Tullbergia krausbaueri of the intermediate whilst Isotomiella minor characterizes the late stage.

The total number of Collembola increases to 8.5 times normal in soil treated with sewage sludge but true soil forms are displaced.

2. Sewage sludge compost

Sewage sludge compost is richer in species than staple sludge. Besides Collembola, the number of which is raised by the addition of minerals containing lime, and mites, earthworms and other soil animals occur. With radishes, the leaf/radish ratio is better than with staple sludge but poorer than in normal garden soils with mineral fertilizer.

3. Dried sludge

Sludge which is artificially aged by strong drying produces a favorable Collembolan fauna, the N-susceptible species are not reduced and the yields are better than with staple or composted sludge.

Literatur

1. Butschek, E.: „Der Kleintierbesatz alpiner Grünland- und Ackerböden." Admont, 1951.
2. Franz, H.: „Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege." Wien, 1950.
— „Neue Forschungen über den Rotteprozeß von Stallmist und Kompost." Admont, 1950.
— und Repp: „Untersuchungen über die Stallmistrotte im Stapel und im Boden." Admont, 1949.
3. Frenzel, G.: „Untersuchungen über die Tierwelt der Wiesenböden." Jena, 1936.
4. Gisin, H.: „Ökologie und Lebensgemeinschaften der Coll. im schweiz. Excursionsgebiet Basel." Rev. Suisse, Nr. 50, 1943.
5. Gisin, G.: Ökologische Studien über die Cellembolen des Blattkompostes." Rev. Suisse, 1952.
6. Höller, G.: „Die Wirkung der Klärschlammrotte auf die Bodenmilben." Bonn, 1955.
7. Kubiena, W. L.: „Entwicklungslehre des Bodens." Wien, 1948.
8. Kühnelt, W.: „Bodenbiologie unter besonderer Berücksichtigung der Tierwelt." Wien, 1950.
9. Land, G.: „Die Abhängigkeit der bodenbewohnenden Coll. von Düngung und anderen Standortfaktoren unter Dikopshöfer Verhältnissen." Diss., Bonn, 1954.
10. Mertens, H.: „45jährige Düngerwirkung auf die chem.-phys. und biolog. Bodeneigenschaften des Dauerdüngungsversuchs Dikopshof." Diss., Bonn, 1952.
11. Bestimmungsliteratur siehe meine Dissertation. Bonn, 1954.

AUTORENREGISTER

A

Adam 241
Ahmet 187
Albert 300, 307
Aldrich 315
Alkan 187, 198, 202
Allee, Emerson, Park, Schmidt 117, 163
Ankersmit, Nieukerken 385
Andersen 343, 359–362, 365, 369, 370, 372, 373 bis 378, 380, 383, 385
Andres 57
Andrews 154, 163
Anonym 307
Aristoteles 150
Arrhenius 5, 20
Aschner 22, 28
– u. Ries 22, 28
Alvarado 57, 63

B

Bachmetjew 116, 163
Bakri 340
Ballieu 168
Baltzer 19, 20
Baranow 332
Barlow 15, 19, 20
Barnes 31, 32, 36, 40
de Bary 264, 271
Bates 43, 54, 63
Bauers 385
Baunacke 307
Beall et Rescia 172, 185
Becker, G. 43, 46, 49–54, 56, 57, 59, 60 63, 225
Becker, R. 248, 360
Behrenz 22
Beier 260
Bekir 127, 163
Bemmelen 307
Berenguier 243, 260
Bergold u. Ripper 214, 215, 217, 219
Bertsch 307
Berwig 118, 130, 135, 163
Bey-Bienko 245, 260
Birinci Findik Kongresi kararlari 202
Blackman 43, 58, 61, 63
Blackwelder 43, 63
Blaha 307
Blandford 43, 57, 63
Blattny, Kač u. Hoffer 29, 40
Blies et Fisher 171, 184, 185
Blumberger 1, 20
Blunck 139, 153, 163, 272, 274–276, 278, 279, 282, 285, 287, 289, 296–298, 300–302, 307, 314, 315, 325
– u. Ludewig 314, 332
– u. Sorauer 202
Bochnig 340
Bodenheimer 64, 69, 78, 150, 163, 191, 277, 279
Bodenstein 342
Börner 315
– u. Speyer 315
Boldyreo 260
Bollow 30–34, 37, 40
Bombosch 384
Bonnemaison 197, 202
Borchert 150, 151, 155, 158, 164
Borg 307
Bos 207, 219
Bovey 225
Bovien, Jørgensen u. Mitarbeiter 307
Boyce 215, 218, 219
Bragina 207, 215, 219
Brandt 147–149, 164
Brenner 2, 20, 325
Britz 225
Brönnle 307
Brumpt 66, 100
Brunner, v. Wattenwyl 260
Buchner 22, 25, 28
Buddenbrock, v. 15, 20, 116, 164, 363, 385
Bulling 339
Bulutay u. Magden 187, 202
Buntscher 231, 245, 250, 253, 254, 256, 260
Burgeff 283, 307
Burmann 307
Burrichter 16, 17, 20
Butovitsch 179, 185
Butschek 425, 444

C

Can 102, 227
Cappe de Baillon 243, 260
Carlini 29, 33, 36, 37, 40
C. G. B. 204, 219
Chamberlin 56, 63
Champion 43
Chao-Seng-Tsi 404
Chapman 164
Chase 155, 164
Chopard 243, 260
Christowa 29, 40
Chu (Joo-Tso) 207, 219
Chun-Teh-Chien 356, 385
Cleveland 22, 28
Cockbill 282
Collin 314
Collins u. Potts 281
Columella 187
Costa 254
Cousin 69, 70, 100
Cunliffe 314, 315, 321

D

Danysz 268, 271
– et Wize 265, 268, 271
Dauberschmidt 127, 164
Debauche 167, 168, 185
Delacrois 264
Della Beffa 196, 202, 260
Dikmen 187, 202
Dirsh 260
Doane, van Dyke, Chamberlin, Burke 43, 58, 63
Dohrn 307
Douglas 172, 185
Drift, van der 8, 20
Drost 278
Dunger 3, 20
Duspiva 151, 164

E

Ebner 260
Eckstein 135, 164
Eichhorn 310, 311, 313
Eidmann 129, 136, 148, 149, 164
Engbert 274
Engel 142, 164
Eraslan 255, 260
Erhardt 66
Escherich 25, 28, 116, 140, 164, 202, 260
Essig 190, 202
Evans 70, 100, 101

F

Fadil 187
Fahringer 190, 211, 219
Feytaud 308
Ficke 307

Fieber 108, 113,
Finsler 332
Flachs 307
Fletcher 277, 278, 281, 282
Florkin 151, 164
Fourman 419, 432
Fraenkel 274, 276–280, 307
Francke-Grosmann 226
Franz, H. 408, 409, 424, 426, 427, 433, 440, 441, 444
Franz, J. 136, 164, 225, 310, 313, 341
– u. Karafiat 310, 312, 313
– u. Leitenberger 8, 20
Frenzel 425, 440, 444
Frickhinger 37, 40
Friederichs 225, 229, 260, 264, 268, 271, 289, 290, 307
Frisch, v. 307
Fröhlich 29–31, 37, 40
Frydrychewicz 138, 164
Fryer u. Collin 335
Fuchs 343, 378

G

Gäbler 116, 164
Galli-Valerio 308
Gauss 225
Gebauer 340
Gebelein u. Heite 119, 164
Geier 204, 207, 211, 213, 215, 219
– u. Baggiolini 214, 217, 219
Geiger 115, 164
Georgescu 231, 239, 241, 245, 250, 252, 254, 257, 261
Gerhard 261
Geyer 1, 20
Gisin 426, 435, 439, 440, 444
Goetsch 23, 28
Götz 349, 355, 356
Golfary 208, 220
Greenslade, Massee u. Thomas 215, 220
Grosser 332
Grossheim 343, 378, 385
Gunn 69, 78, 101
– u. Kennedy 13, 20
– u. Perry 280
Györfi 214, 220

H

Hadersold 204, 207, 210 bis 213, 220
Haine 362, 385
Handlirsch 214
Hans 343
Harz 114
Hedwig 208, 212, 220
Hegi 304, 308
Hellpach 98, 101
Hemer 314
Hennig 203
Hering 116, 164
Herter 11, 12, 20, 64, 69, 76, 101, 157, 164, 385
Hetz 344
Hey 30, 32, 36, 37, 40
– u. Thomas 208, 220
Hiltner 308
Hingsten 277
Höller 405, 406, 413, 417, 424, 425, 430, 432, 437 bis 439, 441, 444
Höller-Land 425
Hörning 339
Hofmann 119, 164
Holdridge-Lamb-Mason 43, 54, 63
Horasse 196, 202
Horber 325
Hornig 34, 37, 40
Hopkins 43, 54–59, 61, 63
Houard 33, 40
Hundertmark 64, 95, 96, 101

I

Ileri 102
Ivy, Iglisky, Rainwater 404

J

Jackson 343, 360, 369, 372, 378, 385
Jahn 225
Janisch 125, 164
Johansson 308
Johnson 362, 385
Johnston 43, 54, 62
Jokovlev u. Krüger 64–67, 94, 95, 101
Jordan 116, 164
Just 119, 164

K

Kalandadze 116, 138, 143, 164
Karafiat 225, 310–313
– u. Franz 310–313
Kaufmann 325
Kauth u. Madel 385
Kavcerski-Balevski-Dodov 261
Keiding 340
Keller 144, 164
Kellner 116, 164
Kemper 339
Kennedy 308
Kerrich 225
Kettlewell 278, 303, 308
Key 308
Kirchberg 113, 114, 225, 340
Klein 277, 297, 303, 305, 308
Klinkowski u. Lehmann 33, 37, 40
Knapp u. Linskens 2, 20
Koch 22, 25, 28
König 33, 40, 226
Kohl 214
Kolobova 36, 37, 40
Kovačević 127, 164
Kozhantschikow 117, 165
Kramer 215, 220
Krassiltschik 268
Kreuter 324
Krieger 205
Krott 189, 190
Krüger, Fr. 69, 101
Krüger, P. 353, 379, 385
– u. Duspiva 353, 361, 385
Krüger, W. 274, 308
Kruel 225
Kubiena 405, 424, 431, 444
Kühl 30
Kühnelt 3, 5, 20, 418, 419, 424, 432, 444
Kükenthal 261, 340
Kuenen 340
Küthe 207, 220
Kuhn u. Fuchs 1, 20
Kunike 150, 151, 160, 165
Kurch 308
Kurir 246

L

Lack 276
Lais 1, 20
Lambert 116, 165
Land 406, 409, 417, 421, 424, 435, 440, 444
Lassack 385
Laven 66
Lebedew u. Savenkov 116, 165
Lederer 274, 276, 285, 296, 298, 308
Lees 372, 386
Lefroy 277, 305
Lehmann 29, 32, 33, 34, 36, 37, 40, 41, 386
– u. Klinkowski 361, 386

Lepage u. Fadigas 211, 220
Levendoglu 190, 202
Lewis 95, 101
Lihnell 265
Lindemuth 308
Linderoth 18, 20
Linsley 151, 165
Linstrow 274
Lloyd 211, 220
Loeliger 276
Ludwig 96, 101
Lüstner 32, 41
Lyford 8, 21
Lyngnes 221

M

Magnus 284, 308
Manninger 29, 37, 38, 41
Marquardt 226
Martin 192, 193, 202
Martini 64, 66, 101
– u. Teutner 64, 95, 101
Mayer, A. 341
Mayer, K. 127, 165, 340
Mayr 214
Mazzucco 282, 308
McGuire 167, 171, 172, 185
Meder 281, 282
Mell 277–279, 308
Mellows 308
Merker 310–313
Merker u. Eichhorn 311, 313
Mertens 439, 444
Metschnikoff 264, 268
Meyer, E. 130, 165
Milum 151, 165
Mitscherlich u. Wellenstein 118, 165
Moericke 355, 363, 386
Mokrzecki 245
Moller-Racke 354, 355, 386
Morison 151, 165
Morley 205
Morris 207, 220
Mors 116, 127, 128, 136, 165
Mortensen 281
Müller, A. 386
Müller, F. P. 138, 165, 220
Müller, H. J. 364, 386
Münzner 374

N

Necheles 95, 101
Nef 167, 185
Neugebauer 167, 185
Neuhäuser 200, 202
Neymann 171, 172, 186
Nielsen, A. u. F. T. 308
Nielsen u. Nieschulz 78, 101
Niklas 226
Nolte 382
Notini u. Mathlein 265, 266, 268, 271
Nunberg 165

O

Özkurt 202
Ohnesorge 225
Oldiges 115, 226
Ossiannilsson 29–34, 36, 37, 41
Ostwald 354, 386
Otto 301, 308

P

Pabst 274
Pätau 119, 165
Palladius 150
Palmen 280, 308
Palmgren 280, 308
Parker 95, 101, 214
Pascal 171
Patterson 58
Peligot 116, 165
Perry 54, 55, 56, 63
Perttunen 19, 21
Peters 225, 340
Petersen 127, 165, 308
Petherbridge 314
Peus 18, 21
Pfeffer 137, 165
Pichal 187
Pictet 274
Plinius 187
Porcellanna 274
Postner 226
Povopny 339
Precht, Christophersen, Hensel 117, 165
Püttner 119, 165
Pussard 204, 215, 220

Q

Querci 281

R

Radestock 308
Rahmann 151, 165
Ramme 261
Regnier 207, 220
Remer 332
Rensch 1, 21, 66
Reuter 108, 113
Reynolds, Anderson, Swith 404
Rhumbler 138, 165
Riesen 300, 308
Riggert 314, 315, 324, 325, 331–333
Rodendorf 340
Roebuck 315
Roer 272
Rörig 332
Romeis 227, 261
Roos 325
Rorer 268, 271
Rosenberg 204, 205, 207, 209–216, 218, 220
Rowan 372, 386
Rühm 63
Ruschka 214, 220
Rysska 274

S

Sachtleben 136, 165, 308
Sarra 207, 220
Sattler 116–118, 126, 127, 165
Schäfer 386
Schaerffenberg 262, 264, 269, 271
Schaffnit, Lüstner 308
Schander u. Meyer 314
Schanz 386
Schawerda 308
Schedl 43, 56, 57, 61, 63
Schenk 278
Schimitschek 189, 190, 194, 197, 202
Schindler 226
Schlegent-Dahl 363, 386
Schmidt, G. 19, 21, 64, 65, 74, 83, 85, 94, 95, 101
Schmidt, H. 8, 21
Schmidt, H. A. 1, 21
Schmidtke 339
Schmiedeknecht 204, 205, 207, 220
Schmutterer 226
Schnell 360, 361, 365, 374, 386
Schrödter u. Nolte 360, 362, 386
Schrödter u. Scheiding 361, 386
Schua 308
Schütte 209, 216, 220, 225
Schüz 278, 309
Schulze 64, 116, 165
Schumann 340
Schuster 309
Schwenke 138, 149, 165
Schwerdtfeger 42, 50, 63, 116, 118, 130, 133, 135–138, 147–149, 165, 225
Schwinck 386

Sciarra 204, 207, 220
Seilkopf 278, 293, 309
Seitz 304, 309
Selzer 309
Shanon 279
Shelford 117, 166
Sheppard 214, 220
Sidler 274
Silvestri 202
Simmonds 204, 207, 211, 213, 215, 217, 220
Smith 199, 202
Sorauer 261
Sorokin 264
Speyer 276, 281, 282, 309, 315
Sprengel 129, 166
Stahl 148, 166
Standfuss 117, 166
Stateloff 231, 245, 250, 253, 257, 258, 261
Steel 332
Stein 225
Steinbach 203
Steiner 69, 70, 101, 226
Steinhaus 378, 386
– u. Bell 23, 28
Stephan 309
Steudel 127, 166, 404
–, Heiling u. Hanf 387
St. George-Beal 43, 58, 63
Strand 309
Strüling 18, 21
Subklew 148, 160
Sylven 309
Szent-Ivany 309

T

Taschenberg 309
Technau 22
Telenga 214, 216, 220
Teschner 340
Thalenhorst 136, 137, 166, 225
Thatcher 43
Thiele 1, 2, 3, 6, 11, 15, 17, 18, 21
Thompson 204, 209, 211, 212, 220
Thomson 64, 101
Tinbergen 284, 309
Tischer 309
Tischler 12, 21, 309, 362, 369, 372, 374, 386
Titschack 117, 158, 166
Tolunay 342
Tomaszewski 30, 41
Trübsbach 1, 21
Tscheck 214
Tschorbadjeff 231, 245, 250, 251, 253, 258, 261
Tümpel 261

U

Uffeln 204, 211, 212, 220
Ulashkevich 364, 386
Ungeheuer u. Kügler 97, 98, 101
Unterstenhöfer 387, 389, 398, 404
Urquhart 281, 282, 309
Urich 268, 271
Uval 189–191, 195, 196
Uvarov 69, 117, 166

V

Verhoeff 12, 21
Verity 309
Vitzthum 417, 424
Vöhringer 157, 158, 166
Volkart 314
Voûte 179, 184, 186
Vuillemin 264

W

Wachon 342
Waede 34, 41
Wagner 102, 113
Waloff u. Rainey 280, 309
Wardle 66, 96, 101
Warnecke 281, 282, 309
Watzl 33, 34, 41
Weber 279, 284, 309
Wehmer 248, 261
Wellenstein 127, 166, 225
Wellmann 339
Wettstein 246, 261
Weyer 66
Wiesmann 225, 340
Wigglesworth 116, 166, 309, 386
Wilhelm 332
Wilke 309
Williams 272–282, 305, 309
–, Cockbill, Gibbs, Downes 309
Winkelmann 314
Wittstadt 281, 297, 309
Wolff u. Krausse 135, 166
Wolfsberger 309
Wurmbach 405, 425
Wygant u. Nelson 43, 63

Y

Yüksel 102

Z

Zacher 261
Zander 155, 166
Zangheri 369, 372, 373, 386
Zech 203
Zeuner 261
Zwölfer, W. 102, 112, 116, 117, 119, 124, 125, 127–130, 136–138, 140, 150–152, 155, 166, 227, 261, 386
– u. Krump 137, 166
– u. Postner 117, 166

SACHREGISTER

A

Abies pectinata 310
Acaridiae 406, 408–410, 412–417, 420–422, 424
Acarina 188, 424
Acereto-Fraxinetum 10, 11, 14, 15
Acer nigundo 190
Achroia grisella Fabr. 115, 116, 150, 152, 157, 159, 160, 162–164
Ackerbohne 343–345, 355–360, 362, 365, 369, 370, 372–374, 384, 404
Ackerunkraut 304
Acrididae 260
Acrobasis consotiella Hb. 204, 207
– *porphyrella* Dup. 204, 207
Adelges 210
Admiral 276, 292
Aedes aegypti L. 65, 66, 68–72, 85, 87–101
Aegeria vespiformis L. 207
Aelia 102, 108, 113
– *furcula* Fieb. 104, 109, 110
– *germari* Küst. 110
– *melanota* Fieb. 108–110
– *obtusa* Fieb. 102, 104, 108–113
– *rostrata* Boh. 104, 108–113
– *virgata* Klug 104
Agalea flava 197
Agar-Nährboden 265, 269
Agelastica alni L. 195
Aglais urticae 273
Agromyza frontella Rondani 40
– *nana* Meigen 40
Agrotis nigricans 268
– *pronuba* 268
– *segetum* 268
– *tritici* 268
– *ypsilon* 280
Agyrotoxa bergmanniana L. 208, 212
– *heparana* Schiff. 212
Ahorn 198, 246
Aldrin 226
Alkohol 151
Allolobophora 19
Allothrombium neapolitanum Oud. 254, 260
Aletum 3, 10, 11, 15, 18
Ambrosia-Pilz 197
Ameise 298
Amine 432
4-Aminobenzolsulfonamid 25–28
Aminosäure 2
Amitermes belli (Fesneux)
Ammoniak 426
Ancyllis comptana Froehl. 212
Ancyrosoma leucogrammum Gmel. 103
Angiosperme 246, 248
Anguli~~*t*~~*termes obtusus* (Holmgren u. Holmgren)
Anilinfarbe 281
Anisandrus dispar Fabr. 190, 196, 197
Anisoplia austriaca 264, 268, 270
Anisoptera 285
Anobienparasit 221, 225
Anobiidae 23, 25, 28
Anobium punctatum De Geer 22–28, 221–225
Anoetidae 406
Anoetus spec. 406, 407, 415
Anopheles atroparvus 95, 101
– *maculipennis messeae* 95, 101
– *typicus* 101
Anoplus plantaris Maez. 195
Anthocoptes laricatus Nal. 190, 201
Anthomyia albimana Zett. 208
Anthomyiidae 208
Antibiotica 23
Anurida granaria 436
Apanteles glomeratus L. 289, 308
– spec. 289, 290
Apfel 192, 195, 197, 198, 203, 208, 219, 226, 325–331
Apfelwickler 203, 216, 217, 220
Aphididae 190
Aphidoidea 386
Aphis forbesi 372
Aphomia gularis Zell. 199
Apis indica F. 151, 165
– *mellifica* L. Milum 151, 285
Aporia crataegi 294
Arbutus andrachne 197
– *unedo* 197
Archiv ungedruckter Manuskripte 114
Arenocoridae Bergr. 106
Argynnis paphia L. 284, 308
Argyresthia conjugella 268
Argyzoploce variegana Hb. 208, 212
Arion circumscriptus Johnst. 14
Arrhinomyia tragica Mg. 203, 209, 215–219
Arthropoden 22, 372, 386
Artifarbstoff 281, 282
Ascia monuste L. 308
Ascogaster carpocapsae Vier. 212
– *quadridentatus* Wesm. 203, 209, 211–215, 217, 218
Ascomyceten 262
Asphondylia miki Wachtl 40
Assel 411, 432
Astragulus 107, 108
Auchenorrhyncha 21
Aves 199
Azan 24

B

Bacterizide 215
Bacteriose 253

Balaniden 20
Balaninus glandium Mar. 194
– *nucum* L. 188, 189, 191–193, 196, 201, 202
Bandwurm 339
Barathra brassicae 268
Barbitistes amplipennis 261
Baumwolle 187, 257
Bazillus barbitistes 253
Beauveria-Arten 264–266, 269–271, 371, 376, 378, 384
– *bassiana* 262, 265–267, 269–271
– *densa* 262
– *effusa* 265
– *globulifera* 265, 378
– *stephanoderis* 265
Beerenwanze 105
Benzol 24
Bergweißling 308
Beta-Rübe 387, 388, 390, 391, 396, 400–404
Beta-Virus 399
Betula 196
BHC 194, 201, 202
Birne 192, 195, 198, 203, 208, 215, 219, 326–329, 331
–, Wild- 234, 238, 246
Blastodacna putripenella 268
Blattiden 240
Blattlaus 190, 201, 363, 364, 386, 388, 391–393, 402, 403
Blattrandkäfer 343, 369, 380, 381, 383, 385
Blausieb 198
Bleiarsen 198
Bleiarsenat 196, 201
Bohne 246, 256, 257
Bohnenblattlaus 386, 404
Bombyx mori L. 116, 164
Borkenkäfer 50, 58, 61, 63, 196, 197
Bostrychidae 199
Brachkäfer 386
Brachycarenus tigrinus Schill. 107
Brachycera 64–66, 72, 96, 100
Brachycoleus thoracicus Put. 108
– – var. *coccineus* Horv. 108
Braconidae 203, 211, 213, 217, 221, 308
Brassica oleracea var. *silvestris* L. 304
Brombeerwickler 205
Brotkäfer 25
Buche 197, 245, 329
Bupalus piniarius L. 115, 116, 162–164, 166

C

Cacile maritima Scopoli 304
$CaCl_2$ 227
Cacoecia decretana Treib. 204, 205
– *podana* Scop. 198, 201, 208, 220
– *rosana* L. 198, 201, 105, 212
Calirosa limacina Ratz. 208
Calliphora erythrocephala Meig. 65–70, 72–76, 82, 85, 87, 94–97, 99, 100
Calliphoridae 64, 100, 101
Callitula bicolor Spien 339
Calluna spec. 236–238, 243, 246
Caloglyphus 415
– *mycophagus* 417–422, 426, 430, 442
Canis aureus L. 200, 201
Carabidae 2, 20, 21, 94, 298
Carabus 19, 101
Carduus nutans L. 288
Carnoy 24
Carpinus 190
Carpocapsa pomonella L. 203–207, 210–220
– *splendana* Hb. 112
Carpocoris coreanus iranus Tan. 105
– *purpureipennis* Deg. 105
Cecidomyidae 41
Cecidophyes vermiformis Nal. 189, 201
Cemistoma 116
Ceraleptus sartus Kirit 106
Cerambycidae 27
Cerapterix graminis 268
Ceratozetes gracilis 417
Ceutorrhynchus assimilis 361
– *pleurostigma* Marsh. 386
Chalcididae 116, 203, 214, 217, 221, 289
Cheloninae 211
Chermisidae 312
Chilopoda 2, 17, 18
Chlaemius caelatus 307
– *sulcicollis* 307
Chlornaphtalin 25
Chlorops pumilionis Bjesk. 332
Chrysomelidae 195, 201, 363
Cistus spec. 236–238, 243
Citrus 191
Cleonus punctiventris 268, 270, 271
Cleridae 45
Clysia ambiguella Hb. 212
Cnephosa flavomarginata Jak. 105
Coccidae 190
Coccinellidae 309
Codophila varia F. 105
Coeliodes ruber Mor. 194
Coenosia spec. 208
Coleophora frischella L. 208
Coleophoridae 208
Coleoptera 42, 63, 101, 191, 199, 201, 385
Colias croceus 273
– *hyale* 273
Collembolen 5, 406, 425–427, 430–432, 434, 435, 439, 440, 442, 443, 444
Contarinia leguminicola 209
– *loti* 40
– *medicaginis* Kieff. 29, 30, 34, 36, 37, 39–41
– *nasturtii* Kieff. 40
– *pyrivora* 269
– *tritici* Kirbi 34, 41, 269
– *torquens* de Meij. 41
Cordyceps lavolata Schr. 190
Coreidae 262
Coriomeris hirticornis F. 106
Corizidae Stäl. 106
Corizus hyosciami L. 106

Corvus cornix L. 199, 201
Corylobium avellanae Schr. 190, 201
Corylus 190
– *avellana* 187, 190, 191, 194
– *colurna* 190
Cossus cossus 268
Cotton Dust 196
Crambe maritima L. 304
Cruciferen 105, 289, 291, 304
Crysoclista atra Haw. 212
Cucujidae 199
Culex pipiens L. 100
Culicidae 64, 66, 100
Curculionidae 201
1-Cyclohexylidencyclohexanon-2 25
Cydia cynosbana F. 204
– *molesta* Busck. 204, 208, 212
– *pomonella* L. 204, 208, 219, 220
Cylindroiulus boleti
– *nitidus* Verh. 3–12, 14, 15, 18–20
– *silvarum* Mein. 4, 10, 14, 15, 18
Cysticus 106

D

Danaus plexippus plexippus L. 279, 280, 281, 303
Dasselfliege 340
Dasychira pudibunda 268
Dasyneura affinis Kieff. 40
– *brassicae* Winn. 40
– *ignorata* Wachtl 36, 40, 41
– *triseti* Barnes 33, 34
DDT 194–198, 201, 202
Delias belladonna 277
Dendroctonus 42, 43, 47, 50, 52, 58–60, 62, 63
– *adjunctus* Blandf. 42–50, 53–55, 57, 61, 62, 63
– *approximatus* Dietz. 43, 56
– *beckeri* 43
– *engelmanni* Hopk. 43
– *frontalis* Zimm. 43
– *mexicanus* Hopk. 43, 54–56, 62, 63
– *micans* Kug. 43, 63
– *parallelocollis* Chapius 43, 56, 62, 63
– *ponderosae* Hopk. 43, 63
– *terebrans* Ol. 43
– *valens* Lec. 43, 57–63
Dendrolimus pini L. 116, 208
– *punctatus* L. 208, 219
Depressaria heracleana L. 208
– *nervosella* Haw. 208
Dictyopteryx heparana Schiff. 212
Dieldrin 226
Diplopoda 1–11, 14, 15, 17–19, 21
Diprion sertifer 186
Diptera 40, 65, 69, 208, 215, 340
Discourella spec. 406
Distelfalter 276, 280, 292
Dolycoris baccarum L. 105
Doralis fabae 364, 386, 390–392, 397, 398, 404
Dorngrasmücke 290
Drehherzmücke 40
Dreyfusia 310
– *merkeri* Eichhorn 310
– *nüsslini* 310, 311
– *piceae* (Ratz.) 310, 311
Dryocoetes coryli Perris 197
Dubosq-Brasil-Methode 227
Dytiscus marginalis L. 163

E

E 605 195, 196,
Farias chlorana L. 204
Ectropis bistortata Goeze 204
Edelkastanie 197, 198
Eiche 197, 235, 254, 255
Eichelhäher 199
Eichenmehltau 255
Eichenniederwald 227, 245, 249, 250, 251, 257
Eichenrüßler 194
Eichenwickler 220
Eichhörnchen 200
Ekatox 195
Emblethis minutus Kirit. 108
Empusa aulicae Reich 130
Endopisa nigricana Steph. 212
Engerling 196, 22
Entomobrya-5 lineata 436, 437
– spec. 439
Entomophthora anisopliae 264
Ephestia cautella Hb. 199
– *elutella* Hb. 199
– *kuehniella* Zell. 158, 199, 268
Epiblema semifuscana Steph. 216
– *tripunctana* D. u. S. 212
Epinotia solandriana L. 212
Erbse 343–345, 347, 356–360, 362, 364–375, 379, 384
Erdfloh 399
Erica spec. 235–238, 243, 246, 253, 254
Eriobotria japonica L. 192
Eriophyes avellanae Nal. 188, 189, 194, 197, 198, 201, 202
Erithacus rubecula L. 308
Erle 195–197
Erlenblattkäfer 195
Esche 198, 246
Ester 151
Etiella zinckenella Tr. 208
Eucosoma ocellana F. 208, 212
– *solandriana* L. 212
– *tetraquetrana* Haw. 204
– *tripunctana* F. 212
Eucosmidae 204
Eulecanium tiliae L. 191
Eumenis semele L. 284, 309
Eupithecia absinthiata Clerk 212
Eupodes 406, 415

Eurydema armeniacum Klti 106
– *caucasicum* Klti 106
– *laticolle* Horv. 106
– *ornatum* L. 105
– – f. gen. *cruentatum* Put. 105, 106
– – f. gen. *pictum* H. S. 106
Eurygaster 102
– *austriaca* Schrk. 103
– *intergriceps* Put. 103, 107
– *maura* L. 103
Evetria buoliana Schiff. 185
Exartana morivora Mats. 208

F

Fabricius-Medaille 1958 114
Fagetalia 2, 10, 15, 18, 19
Fageto-Quercetum petraeae 2, 11, 18
Fagetum 3, 10, 11, 14, 16
Fagus orientalis 245
Feige 198
Feldhase 200
Festuca pratensis 338
Fettsäure 151
Fichte 43, 50, 117, 118, 164, 165
Fichtenblattwespe 225
Fichten-Nematinen 226
Fichtenrüßler, gr. brauner 385
Filatima persicaeella Murt. 212
Fischteichwasser, Analyse 71
Flagellaten 23
Fliegen 339, 340
– Fleisch- 101
– Stech- 339
Folsomia fimetaria 427, 429, 432, 435, 436, 437, 439
– *spinosa* 426, 429, 430, 431, 435–437, 439
Forleule 163–166
Formica rufa 101
Friesea mirabilis 437
Fritfliege 314–325, 327–332, 336
Fungicide 25

G

Galerucella lineola F. 195
Galleria mellonella L. 115, 116, 150, 154, 156–160, 162–164, 166, 268
Gallium-Arten 104
Gamasina 406, 408–410, 413–417, 421, 423
Gammaeule 280
Garrulus glandarius L. 199, 201
Gartenrotschwänzchen 298
Gastropoden 10, 11
Gehäuseschnecken 1, 2, 21
Gelechia boticella 204
– *confusella* Cham. 212
Gelechiidae 204, 208, 209, 212
Gemüse 257
Gemüsekohl 289, 297, 306
Gemüseschädling 105
Genista 106
Geocoris grylloides L. 107
Geometridae 204, 212
Gerste 257, 314, 318–320, 323, 324, 326–338
Getreide 199, 257, 314, 330, 335
Getreideschädling 102, 103, 104
Gleditschia 198
Glomeris connexa 8
– *hexasticha* Brdt. 8, 10–12, 14, 18
– *intermedia* Latz. 15
– *marginata* Koch 3–12, 14, 18
– *pustulata* 8
Goldhafergallmücke 33, 41
Goniodiscus rotundatus Müll. 11, 13
Grapholitha molesta Busck. 220
– *packardi* Zell. 212
– *prunivora* Walsh. 212
Graphosoma stali Horv. 104
Graurüßler 385
Grille 240
Großschmetterling 127, 166
Grylliden 260, 261
Gryllus domesticus L. 95, 101
Grypocoris fieberi Dgl. Sc. 108
Gurke 246, 256
Gymnospermae 246, 248
Gypsonoma dealbana Fröl. 198, 201
– *neglectana* Dup. 208

H

Hafer 314, 319, 320, 323, 329–332, 337, 338
Haltica bicarinata Wse. 196
– *quercetorum* Foud. 196
Harpalus 18
Haselbock 195
Haselnuß 187, 191, 193–201
Haselnußgallmilbe 188, 201
Haselnuß-Rüßler 189, 191, 193
Haselnußschädling 187, 188
Hausgrille 95, 101
HCH 196, 197, 258, 259
Hedia variegana Hb. 212
Hedya ocellana Fab. 212
Hefe 25
Helicodonta obvoluta Müll. 11, 12, 13
Hellige-Messung 425
Hemiptera 113
Heptachlor 194, 201, 202
Herbicide 25
Heteromurus nitidus 427, 432, 437
Heteroptera 102
Heterotermes indicola (Wasmann)
Heuschrecke 94, 239, 245, 246, 248, 250, 251, 256–258, 260, 261, 353
Hexachlorcyclohexan 62
Hirundo rustica L. 285

Histiogaster carpio 407
Hoffmannophila pseudopetrella 268
Holzschädling 226
Homoptera 21, 190
Honigbiene 151, 152, 155, 308
Hornisse 298
Hund 200
Hydrellia griseola Fall. 332, 333
Hyletastinae 415
Hylobius abietis L. 385
Hyloicus pinastri L. 166
Hylotrupes bajulus L. 27
Hymenoptera 208, 221, 285, 298, 308
Hypoaspis aculeifer 408
– spec. 406, 408, 411, 415, 418–421, 438, 440
Hypochthonius luteus 415
Hypodermella sulcigena Tub. 144
Hypodermen 340
Hypogastrura denticulata 426–430, 432, 435–442
– spec. 426, 442
Hyponomeuta malinellus Zell. 212
– *padellus* L. 212
Hyposolophus persicellus F. 216

I

Icerya purchasi Mash. 191, 201
Ichneumonidae 203, 204, 207, 214, 217, 221
Insekten, holzzerstörende 61
Insektizide 25, 62, 193, 196, 340, 404
Int. Symposium (Tschechoslowakei) 113
Ipidae 226
Ips-Arten 44, 62
– *cribricollis* Eichh. 62
Isaria destructor 264
Isophya amplipennis Br. v. W. 227, 229, 230–234, 237–239, 241–246, 248, 251, 253, 256, 259, 260
– *pavelii* Br. v. W. 227, 231, 233, 234, 237–239, 242–245, 248, 251, 253, 256, 259, 260
– *pyrenea* 243, 260
– spec. 245, 246, 248–251, 255–259
– *tenuicerca* Rme. 227, 230, 232, 237–242, 244, 245, 251–256, 259, 260
– Fraßpflanzen 245–248
– Parasiten 254
Isopoda 2, 3, 10, 11, 14, 15, 17, 18, 19
Isopropyl-N-phenylcarbamat 25
Isotoma notabilis 426–430, 435–437, 439, 442
– *olivacea* 426, 428, 429, 442
– *violacea* 432
– *viridis* 432, 433
– *vivi dis* 437
Isotomiella minor 428–430, 434–437, 439, 442
Isotomodes productus 436, 437, 439
Isotomurus palustris 437

J

Jaapiella medicaginis Kieffer 40
7-Jod-8-oxychinolin-5-sulfosäure 25
Julus scandinavius Latz. 4, 10, 11, 12, 14

K

Kaisermantel 284, 308
Kali 418–420, 427, 432, 433, 435, 438, 439
Kalk 1, 2, 4, 8, 15, 17, 18, 19, 21
– Bau- 416–420, 422, 427, 433, 434, 438, 439
Kalksalpeter 426
Kalkstickstoff 417–420, 422, 426, 427, 433, 434, 435, 438, 439
Kalzium 1, 4
Karbonat 1
Kartoffel 246, 256, 330, 387
Kartoffelkäfer 266, 267, 268, 270–272, 386
Kastanienwickler 220
Kiefer 43, 47, 49, 50, 53, 54, 56, 58, 61, 62, 144, 164
Kieferneule 115, 130, 131, 134, 136, 137, 138, 142, 146, 162
Kiefernknospentriebwickler 226
Kiefernknospenwickler 184, 185
Kiefernschütte 144
Kiefernschwärmer 166
Kiefernspanner 115–118, 137–140, 142, 146, 148, 149, 164, 166
Kiefernspinner 116, 165
Kieferntriebwickler 185, 219
Kirsche 192, 195, 196, 198
– Knorpel- 326
– Süß- 326–331
Klärschlamm 405–410, 413–418, 420–423, 425–428, 430–442
Kleiderlaus 28
Kleidermotte 117, 158, 166
KNO_3 127
Kochsalz 119, 137
Kohlarten 304
Kohlehydrat-Nährboden 265, 270
Kohlenwasserstoff 151
Kohlgallenrüßler 361, 386
Kohlschotengallmücke 40
Kohlschotenrüßler 361
Kohlweißling 272-274, 281, 282, 285–287, 289–293, 297–299, 301, 303–305, 307–309
Kokospalme 271
Kompositen 107
Koniferen 42, 43
Kornkäfer 23
Krähe 254
Kürbis 246, 256

L

Labidostomis propinqua Fald. 195
Lactuca sativa L. 232
Laelaptiden 406, 408, 409, 410, 412, 415, 416, 421, 424
Lärchenwickler 225
Landassel 386
Landschnecke 20, 21
Lasiocampidae 208
Laspeyresia funebrana Tr. 212
– *molesta* Busck. 214, 219
– *nigricana* Steph. 212
– *pomonella* L. 220
– *zebeana* Ratz. 212
Laufkäfer 95, 298
Laverna hellerella Dup. 212
Lecanium corni Bsché 190, 191, 201
Leguminosen 343, 356, 357, 358, 364, 365
Leiophron spec. 371
Lepidium latifolium L. 304
Lepidocyrtus cyaneus 426, 427, 432, 433, 436
– *instratus* 437
– *lanuginosus* 427, 430–432, 436, 437, 439
– *violaceus* 437
Lepidoptera 115, 150, 164, 166, 197, 204, 205, 208, 209, 212, 216, 220, 273, 280, 283, 284, 308, 309
Leprosoma stali Dgl. 103
Leptinotarsa decemlineata Say. 262, 271, 385, 386
Lepus spec. 200, 201
Libelle 309
Lichtorgel, Bauersche 347, 348
Ligidium hypnorum (Cuv.) 10–15, 18
Lindan 196, 201, 202
Linde 197, 246
Linsen 246, 256
Lissonota buolianae Htg. 214
Lita atriplicella F. 208
Lithobius dantatus Koch 15, 18
– *piceus* Koch 15, 18
Liothrips setinodis Rtr.
Locustiden 260, 261
Löwenzahn 232, 242, 325–328, 331
Lolium spp. 338
Lophoderminium pinastri Schrad. 144
Lorbeerkirsche 192
Lucilia sericata Meig. 65, 66, 68–70, 72, 76–88, 91, 94–101
Lumbriciden 5, 19
Luzerne 40, 343, 355–359, 363, 365, 369–372, 374, 382
Luzerneblütengallmücke 29, 31, 33, 36–40
Luzernefliege 41
Luzernegallmücke 41
Lygaeidae Schill. 107
Lymantria dispar L. 197, 201, 202, 205, 254, 268, 281
– *monacha* L. 115, 162, 163, 164–166
Lymantriidae 205, 209
Lythrum salicaria L. 288

M

Maccevethus persicus Jak. 107
Macchi 197
Macrocheles 415
Maikäfer 196
Mais 200, 257
Maiszünsler 155, 166
Malacosoma neustria L. 163
Malvaceen 107
Mammalia 199
Maniola pronoe 379
Mantis religiosa L. 254
Maus 199, 200, 201
Mayetiola secalis Bollow 34, 40
Mehlmotte 158
Meise 289
Melanocoryphus syriacus Reut. 107
Melolontha albida Fr. 196
– *hippocastani* 269
– *melolontha* L. 188, 196, 197, 201, 202
Melone, Wasser- 246, 256
– Zucker- 246, 256
Mesochorus pectoralis Ratz. 307
Mespilus germanica L. 192, 197
Metarrhizium anisopliae (Metsch.) Sorok 262–271
Methylbenzoat 24
4-Methylbenzosulfonamid 27
Micranurida spec. 432
Microsphaera quercina Foex. 254
Microtomideus moerens Reut. 107
Microtrombidium demeijerei Oud. 316, 339
Milbe 188, 189, 190, 201, 254
– Boden- 405–412, 415–417, 421, 422, 424–426, 430, 432, 438, 440
Mimariden 254
Minierfliege 40
Miniermotte 116
Miridae 108
Mispel 192
Mollusken 3, 10, 20, 21
Monarch 279, 280
Morus alba 190
Mus musculus L. 200
– – *gentilis* Br. 200
– – *hortulanus* Nord. 200
– – *musculus* L. 200
Musca domestica L. 225, 262
– – *vicina* 340
– *sorbens* 340
Muscinae 339
Myelophilus piniperda 186
Myzocallis coryli Goeze 190, 201
Myzodes persicae Sulz. 386, 388–392, 397, 398

N

Nacktschnecke 14
NaCl 119

Nanorchestes arboriger 409
Nanorchestiden 406, 408–410, 412–414, 417, 421, 423
Nashornkäfer 268
Natriumhydroxyd 229
Natronsalpeter 426
Nebelkrähe 199
Neelus minimus 429, 430, 436, 437, 439
Nematocera 64, 65, 70, 87, 95, 96, 100
Nematoden 339, 411
Neoxanthochilus saturnius Rossi 107
Nexit 195
Nikotin 190, 201
Noctuidae 204
Nonne 115–119, 123, 125–128, 130, 131, 133, 135, 136, 138
Nux abellana 187
– *avellana* 187
– *heracleotica* 187
– *Pontica* 187

O

Obera linearis L. 195, 201
Obstbaum 257
Octolasium 19
Odontotarsus plicatulus Horv. 103
– *purpureolineatus* Rossi var. obsoletus Horv. 102
– *robustus* Jak. 103
Oecophoridae 208
Olethreutes gentiana Hb. 214
– *variegana* Hb. 208, 220
Olethreutidae 208, 209, 212
Olive 198
Oncopodura crassicornis 436, 437, 439
Oniscus asellus (L.) 10, 11, 13, 14, 15, 18
Onychiurus armatus 426, 436, 437, 439
Oospora destructor Delacr. 262, 264
Opadia funebrana Tr. 212
Ophiocordyceps clavulata (Schw.) 190, 201
Ophioninae 204, 207
Oribatiden 406, 408–410, 412–417, 421, 423
Ornix avellanella Sta. 198, 201
– *finitimella* Z. 205
Orthoptera 101, 227, 260, 261
Oryctes rhinoceros 268
Oryzaephilus surinamensis L. 199
Oscinis frit L. 314, 334, 338
Oxychilus draparnaldi 21

P

Pachythelia villosella Ochs. 204
Pamene gallicolana Zett. 214
Pammene juliana (Stephens) 205, 220
Pandemis heparana Schiff. 212
Panolis flammea Schiff. 115, 162, 163, 165, 166
Pappel 197
Paraffin 24
Paralispa gularis Zell. 199
Parasitiden 406, 412, 415
Paratetranychus pilosus 372
Parathion 190, 195–197, 201
Pardia tripunctana F. 212
Pausias leprieurii Lign. 106
– *martini* Put. 106
Pegomyia hyoscyami 398
Pentachlorphenol 25
Pentatomidae 102, 108
Pergamasus crassipes 406, 417
Peribalus vernalis Wff. 104
Perilampinae 214
Perilampus tristis Mayr. 203, 209, 214, 215, 217–219
Perilitus spec. 371
Periphyllus aceris acericola 385
Peronea hastiana L. 205
Petroleum 197
Pflaume 192, 196, 326–328, 331
Pferdemist 412, 414, 416, 420, 438, 439
Pfirsichblattlaus 386
Phaloniidae 212
Phaneropteriden 260
Phaseolus 356, 357, 359, 384
Phenole 432
Phenoxyessigsäure 25
Philoscia muscorum 18
Phoenicurus phoenicurus L. 298
Phoeodes tetraquetrana Haw. 204
Phosphat 1
PH-Wert 2–5, 11, 17, 19
Phyllotrea sp. 399
Phytometra gamma L. 308, 309
Phytomyza affinis Fallén 41
Picea excelsa Link. 50
Pieriden 292
Pieris brassicae L. 272, 273, 276–279, 282–289, 292, 297–299, 301–309
– *bryoniae* Ochs. 308
– *callidice* 307
– *canidia* 277
– *napi* 282, 308
– *rapae* L. 282, 293
Piezodorus lituratus F. 106
Pilze 22, 61, 136, 144, 190, 377, 378, 384
Pinus ayacahuite Ehr. 53, 56, 57, 61
– *montezumae* Lamb. 53, 56, 57
– *oocarpa* Schiede 54–56, 61
– *pseudostrobus* Lindl. 49, 53, 59, 61, 62
– *rudis* Endl. 44–47, 51–53, 56–58, 60, 61
– *silvestris* 171, 184
– *tenuifolia* Benth. 53, 61
Piocoris erythrocephalus Lep. et Serv. 107
Pirus 197
– *communis* L. 220
Pistacia vera 191
Platanus 198
Platterbse 246, 256
Platyedra gossypiella Saund. 208
Plodia interpunctella Hb. 199
Plusia gamma L. 278, 280
Plutothrix coelius Walk. 225

Polia oleracea 268
– *pisi* 268
Poliomyelitis 339
Polychrosis botrana Schiff. 205, 209, 212, 214, 216, 220
– *viteana* Clem. 212
Polygonum aviculare 358, 365
Polyphylla fullo L. 188, 196, 201, 202
Porthetria dispar L. 205, 209
Primula 190
Pristomerus vulnerator Panz. 203, 207, 209, 210, 211, 213, 214, 215, 217–219
Proisotoma minima 432, 433, 436
– *minuta* 427, 432, 433, 437
– *parvula* 427, 429–431, 436, 437, 439
Prostigmaten 406, 408–410, 412–417, 421, 423
Protozoen 22
Prunus domestica 190
– *laurocerasus* L. 192
– *persica* 190
– spec. 197
Psacasta exanthematica Scop. 103
Psallus ancorifer vesicatus E. Wag. 108
Pseudophloeus waltli H. S. 106
Pseudosinella alba 426, 429, 436, 437, 439
Psyche villosella Ochs. 204
Psychidae 204
Psylliodes chrysocephala L. 386
Pteridophyta 246
Pteromalus 290
– *puparum* L. 289, 291
Pulmonaten 20
Pyemotiden 408, 411, 415, 417
Pyralidae 150, 154, 199, 204, 208, 209
Pyrameis cardui L. 308
Pyrausta nubilis Hb. 155, 166, 185, 209
Pyrrhocoridae Dhrn. 107
Pyrus malus 190
Pythium 359

Q

Querceto-Carpinetum 3, 10, 11, 14, 15
Quercus 190, 196
– *aegilops* 196
– *cerris* 194, 248, 255
– *conferta* 194, 246, 253–256, 259
– *petraea* 238, 245, 253–255, 259
– *robur* 249
– *sessiliflora* 194, 253, 255
Quitte 197, 198

R

Raps 329, 330
Rapserdfloh 360, 362, 382, 386
Rapsweißling 308
Ratte 199, 200, 201
Rattus norvegicus Er. 200
Rauchschwalbe 285
Raubmilbe 316
Raubwanze 108
Raupenkrankheit 130
Recurvaria nanella Hb. 212
Reduviidae Latr. 108
Regenwurm 19, 20, 432, 442
Reiskäfer 23
Retinia buoliana (Schiff.) 167, 170, 184–186
Rettich 407, 412, 413, 416, 419, 421, 425, 431, 442
Rhaphanus raphanistrum L. 304
Rhinocoris niger H. S. 108
Rhizoglyphus 415
– *echinopus* 421
Rhizopertha dominica F. 199
Rhizotrogus aestivus Oliv. 386
Rhodacarus 415
Rhododendron ponticum 197
Rhyacia pronuba 268
Rhyacionia buoliana Schiff. 209, 214, 215, 219
Rhyparochromus moerens Reut. 107
– *saturnius* Rossi 107
Rind 200
Ringelspinner 127, 168
Robinia pseudoacacia 190
Roggen 328, 329
Roggengallmücke 40
Roßkastanie 198
Rotkehlchen 198
Rotklee 343, 356–359, 363, 365, 369, 370, 372, 374, 382, 384
Rübe 246, 256, 329, 330, 343, 356–359, 363, 365, 369, 370, 372, 374, 382, 384
Rübenblattwanze 385
Rübenfliege 398, 400, 402, 403
Rüsselkäfer 386
Rumex 106

S

Säugetier 22
Saga spec. 254
Salat 232
Salix 196
Salmonellatyp 339
Samtfalter 284, 309
Sarcophaginae 340
Sarothamnus scoparus L. 106
Satyrus semele L. 309
Saxicola rubetra L. 290
Scantius aegypticus L. 107
Schaf 200
Schakal 200
Schaumzikade 268
Schildlaus 190, 191, 201
Schistocerca gregaria 280
Schlange 199
Schlupfwespe 165, 220, 221, 337, 371, 376
Schmeißfliege 64, 65, 95
Schnecke 411, 432

Schwammspinner 197, 261, 281
Schwarzeiche 246
Schwefel 190, 194, 201
Sciocoris Fall. 102, 113
– *luteolus* Fieb. 112
– *macrocephalus* Fieb. 112
– *pictus* Nov. spec. 104, 111–113
Sciurus persicus Er. 200
– *vulgaris* L. 200, 201
Scolytidae 42, 43, 56, 63
Seidenspinner 116
Semiothisa liturata Cl. 164, 165
Serica brunnea 269
Sesam 257
Sinapis arvensis L. 304
Sitodiplosis mosellana Géhin. 34, 41
Sitodrepa panicea 25, 28
Sitona grinata Hbst. 386
– *lineata* L. 385, 386
– *lineatus* L. 343–346, 348, 350, 353–355, 357–366, 369, 372, 374–376, 378–385
Skorpion 342
Sminthurides schötti 436, 437
Solanum commersoni 372
– *demissum* 372
– *edinense* 372
– *tuberosum* 372
Sonnenblume 246, 256, 257
Sorbinsäure 25
Spargonothis pilleriana Schiff. 205
Spartium 106
Spathius 221
– *exarator* L. 223, 224
Sphaeroeca ovellana D. u. S. 209, 212
Sphinx pinastri 268
Spicaria farinosa Fries. 136
Spilonota ocellana Fab. 212
Spilostethus equestris L. 107
– *pandurus* Scop. 107
Spinat 407, 411, 432, 442
Spinne 254, 298
Spinnmilbe 372
Spirochatosen 339
Sproßpilz 25, 28
Stagonomus bipunctatus L. 104
Staphylinidae 2
Star 254
Staria lunata Hhn. 104
Stechmücke 64, 66, 95, 101, 225
Steckrübe 286, 290
Stenolechia albiceps Z. 209
Stickstoff 426, 440
Stockente 278
Stomoxynae 339
Stomoxys 340
Strandkreuzblütler 304
Stubenfliege 266–268, 270
Sulfanilsäure 27
Superphosphat 419, 420, 422, 433–435, 438–440
Sus scrofa L. 200, 201
Sylvia communis Lath. 290
Symbiont 22–28
Symbionticide 22, 23
Symposium (Fliegen) 113
Syromastes marginatus L. 262

T

Tabak 187, 257
Tabanidae 339
Tachinidae 203, 215, 217
Tachypodoiulus albipes Koch 4, 10–12, 14, 15, 18
Taeniothrips laricivorus
Tamarix 198
Tanne 311
Tannenlaus 310
Tannenstammlaus 225
Tannin 8, 19
Taraxum officinale 232
Tarsomenini 406, 408, 409, 410, 412, 414, 415, 416, 417, 421, 424
Tausendfüßler 411
Tectocepheus relatus 406, 415
Teeröl 197
Temperaturorgel, Herter'sche 346
Tenebrionidae 199
Tenthredinidae 208
Terias hecabe 277
Termite 23, 25, 28
Tettigoniidae 227
Thomasmehl 418–420, 422, 427, 433, 435, 439
Tinea secalella 268
Tineidae 209, 212, 216
Tineola biselliella Hum. 158, 166
Tribolium castaneum Herbts. 199
– *confusum* Duy. 199
Trichogramma evanescens Westw. 116, 165
Trichomma enecator Rossi 203–207, 209–211, 217, 218
Trichoniscus pusillus 18
Trichoribates spec. 417
Trigonoderus tristis Walk. 221–225
Trigonosoma fischeri H. S. 103
– *horvathi* Put. 103
Tomaspis postica 268
– *varia* Fabr. 271
Tortricidae 204, 205, 208, 209, 212, 214, 216, 220
Tortrix bermanniana L. 208
– *decretana* 205
– *heparana* Schiff. 212
– *laufauriana* Reg. 205
– *loeflingiana* L. 205
– *pilleriana* Schiff. 205
– *podana* 208, 220
– *poleana* 268
– *rosana* Schiff. 212
– *viridana* L. 205, 209, 216, 220, 268
Totenuhr 23, 27
Toxoplasmose 339

Tullbergia affinis 437
– *callipygos* 436, 437
– *krausbaueri* 426, 428–430, 432, 433, 436, 437, 439, 440, 442, 443
Tyrophagus dimidiatus 407

U

Ulme 197, 198
Umbelliferen 103, 104
Uropodinen 406, 408–417, 424

V

Valeranella locusta Betcke 232
Vanessa atalanta 273, 281, 292
– *cardui* L. 276, 378, 280, 281, 292
– *io* L. 282
Ventocoris horvathi Put. 103
Verbascum 104
Veronica officinale 104
Vespa crabo L. 298
– *germanica* F. 298
– spec. 298
Vicia faba L. 404
Vincetoxicum-Arten 107
Vögel 201, 206, 225, 254, 289, 290, 291, 298

W

Wachsmotte 116, 150–156, 158–161, 163–166
Waldameise 226
Waldhonigtau 226
Waldschnepfe 278
Waldtypen 2, 14, 15, 16, 17, 20, 21
Walnuß 199
Wanderheuschrecke 280
Wanderratte 200
Weide 197
Weinrebe 195, 197, 200, 257
Weinstock 246, 256
Weißbuche 197, 245, 246
Weißdorn 290
Weißkohl 297
Weißtanne 310
Weizen 286
Weizengallmücke 41
Weizenschädling 102, 103, 104
Wespe 298
Wicke 343–345, 356–360, 365, 374, 384
Wiesenschmätzer 290
Wildschwein 200
Würmer 199

X

Xyleborus dispar F. 188, 201, 202

Z

Zeuzera pyrina L. 298, 201, 254
Ziege 200
Zikade 18
Zuchtschale, Dahlemer- 388
Zuckerrübe 330
Zugvogel 278
Zwetsche 326
Zygaena 283, 307

FORSTWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNGEN

Als 12. Heft dieser Reihe erschien im Juni 1959:

Die Bastardierung in der Gattung *Larix*

Von Dr. RUDOLF DIMPFLMEIER

Forstass. und wissenschaftl. Assist. am Inst. für Forstsamenkunde und Pflanzenzüchtung der Bayer. Forstl. Forschungsanstalt in München

1959 / 75 Seiten mit 16 Abbildungen / Kartoniert 16,50 DM
Für Abonnenten des Forstw. Centralbl. 13,20 DM

Die Erzeugung wuchskräftiger und krankheitsresistenter Bastarde innerhalb einer Gattung gewinnt für die Waldbewirtschaftung zunehmend an Bedeutung. Welche Bastardierungs-Erfahrungen und -Möglichkeiten es innerhalb der Gattung Lärche gibt, zeigt die Abhandlung von Dr. Dimpflmeier. Nach einem geschichtlichen Rückblick auf alle seit der Jahrhundertwende durchgeführten Lärchenbastardierungsversuche befaßt sich die Arbeit eingehend mit den vom Verfasser selber durchgeführten Versuchen. Die hier veröffentlichten Auswertungen und Ergebnisse stützen sich auf 21 verschiedene Kreuzungskombinationen, auf den Anbau von 13 000 Versuchslärchen und auf mehr als 180 000 Einzelmessungen und Beobachtungen. Von besonderer wissenschaftlicher Bedeutung sind die Erkenntnisse über den Einfluß der Individualeigenschaften der Kreuzungspartner sowie die eindrucksvollen Ergebnisse aus den Rückkreuzungsversuchen. Ein Ausblick auf die forstpraktischen Verwendungsmöglichkeiten von Lärchenbastarden beschließt die für Forstwissenschaft und -praxis aufschlußreiche Schrift.

Bereits früher sind erschienen:

Heft 1. J. N KÖSTLER: *Ansprache und Pflege von Dickungen* · 1952 / 80 Seiten mit 30 Abb., 10 Photos und 12 Tab. / Vergriffen / Neuauflage in Vorbereitung

Heft 2. P. MÖRMANN: *Die europäische Lärche in Baden* Herkunft, Entwicklung und Anbauaussichten · 1953 71 Seiten mit 19 Abb. / Kart. 8,50 DM / Für Bezieher des Forstw. Centralbl. 6,80 DM

Heft 3. J. ATTENBERGER: *Mischwald im Vorland der Alpen* · Beitrag zu Fragen des Bestockungsaufbaues und der Wuchsdynamik in Mischbeständen mit Buche, Tanne, Fichte im Bayerischen Wald · 1954 / 71 S. mit 32 Abb. / Kart. 16,– DM / Für Bez. des Forstw. Centralbl. 12,80 DM

Heft 4. MAYER-PLOCHMANN: *Natürliches Vorkommen und künstlicher Anbau der Lärche in zwei bemerkenswerten Waldgebieten Südbayerns* · Berchtesgadener Land und Frankenjura · 1954 / 68 Seiten mit 34 Abb. / Kart. 16,– DM / Für Bez. d. F. C. 12,80 DM

Heft 5. W. KROTH: *Die betriebswirtschaftliche Auswirkung des Erbganges auf private Forstbetriebe* 1955 / 98 Seiten mit 5 Abb. / Kart. 7,25 DM / Für Bez. des Forstw. Centralbl. 5,80 DM

Heft 6. R. PLOCHMANN: *Bestockungsaufbau und Baumartenwandel nordischer Urwälder* · Dargestellt an Beispielen aus Nordwestalberta (Kanada) · 1956 96 Seiten mit 45 Abb. / Kart. 12,50 DM / Für Bez. des Forstw. Centralbl. 10,– DM

Heft 7. H. G. SOMMER: *Waldbau durch Zaunschutz* Fragen der biologischen Wirkungen, der technischen Durchführung und der Wirtschaftlichkeit · 1956 / 64 Seiten mit 37 Abb. / Kart. 5,75 DM / Für Bez. des Forstw. Centralbl. 4,60 DM

Heft 8. A. CROCOLL: *Der Massenertrag von Pappelbeständen in der nordbadischen Rheinebene* · 1957 36 Seiten mit 3 Abb. und 12 Tab. / Kart. 5,– DM Für Bez. des Forstw. Centralbl. 4,– DM

Heft 9. K. KRISO: *Entstehung, Aufbau und Leistung von Eichen-Hainbuchen-Beständen in Süddeutschland* 1958 / 80 Seiten mit 4 Farbt., 25 Abb. und 8 Tab. Kart. 15,80 DM / Für Bez. des Forstw. Cbl. 12,60 DM

Heft 10. H. KELLER: *Beiträge zur Erfassung der durch schweflige Säure hervorgerufenen Rauchschäden an Nadelhölzern* · 1958 / 64 Seiten mit 49 Abb. und 4 Tab. / Kart. 12,– DM / Für Bez. des Forstw. Centralbl. 9,60 DM

Heft 11. G. REISSINGER: *Die Konstruktionsgrundlagen der Axt* · Untersuchungen an neuen und alten Arbeitsäxten · 1958 / 66 Seiten mit 67 Abb. / Kart. 12,50 DM / Für Bez. des Forstw. Centralbl. 10,– DM

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN

116
2. P.C.

Handbuch der Pflanzenkrankheiten

Begründet von
PAUL SORAUER
Unter Mitwirkung zahlreicher Forscher, herausgegeben von
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. h. c. O. APPEL, Prof. Dr. Dr. h. c. H. BLUNCK,
Prof. Dr. H. RICHTER
Sechs einzeln käufliche Bände

Band I: Die nichtparasitären Krankheiten

6. Auflage in 2 Halbbänden
1. Halbband: **Allgemeine Pflanzenpathologie, Ernährungs- und Temperaturschäden**
1933 / 592 Seiten mit 123 Abbildungen / In Ganzleinen 44,– DM
2. Halbband: vergriffen

Band II: Die Virus- und bakteriellen Krankheiten

6. Auflage in 2 Lieferungen
1. Lieferung: **Viruskrankheiten**
1954 / 786 Seiten mit 326 Abbildungen / In Ganzleinen 150,– DM
2. Lieferung: **Bakterielle Krankheiten**
1956 / 575 Seiten mit 179 Abbildungen / In Ganzleinen 124,– DM

Band III: Die pflanzlichen Parasiten, 2. Teil (Pilzkrankheiten)

5. Auflage
1932 / 948 Seiten mit 195 Abbildungen / In Ganzleinen 66,– DM

Band IV: Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen, 1. Teil

5. Auflage in 2 Lieferungen
1. Lieferung: **Protozoa und Metazoa partim.**
1949 / 458 Seiten mit 210 Abbildungen / In Ganzleinen 44,– DM
2. Lieferung: **Trichoptera, Lepidoptera**
1953 / 526 Seiten mit 154 Abbildungen / In Ganzleinen 116,– DM

Band V: Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen, 2. Teil

5. Auflage in 5 Lieferungen
1. Lieferung: **Diptera und Hymenoptera**
1953 / 320 Seiten mit 89 Abbildungen / In Ganzleinen 80,– DM
2. Lieferung: **Coleoptera**
1954 / 608 Seiten mit 157 Abbildungen / In Ganzleinen 144,– DM
3. Lieferung: **Heteroptera und Homoptera I. Teil**
1956 / 408 Seiten mit 128 Abbildungen / In Ganzleinen 94,– DM
4. Lieferung: **Homoptera II. Teil, Aphidoidea, Coccoidea**
1957 / 586 Seiten mit 257 Abbildungen / In Ganzleinen 147,– DM
5. Lieferung: **Vertebrata**
1958 / 414 Seiten mit 134 Abbildungen / In Ganzleinen 88,— DM

Band VI: Pflanzenschutz

2. Auflage in 4 Lieferungen
1. Lieferung: **Die wirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes und seine Aufgaben**
1952 / 464 Seiten mit 3 Abbildungen / In Ganzleinen 78,– DM
2. bis 4. Lieferung in Vorbereitung

Die Lieferungen der Bände II, IV, V und VI sind einzeln käuflich. Besteller, die sich zur Abnahme aller Lieferungen eines dieser Bände verpflichten, erhalten auf die angegebenen Preise einen Nachlaß von 10 Prozent

VERLAG PAUL PAREY · BERLIN UND HAMBURG